

1991

АБОНЕМЕНТ НАУЧНО-
ТЕХНИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА
Дата *2007*

693.9
К93

МАТЕРІАЛЫ

ДЛЯ КУРСА

СТРОИТЕЛЬНЫХЪ РАБОТЪ.

42933

Выпускъ II.

ЗЕМЛЯНЫЯ РАБОТЫ

НА МѢСТНОСТИ ПОКРЫТОЙ ВОДОЮ.

ЛЕКЦІИ

В. Курдюмова,

Профессора Института Инженеровъ Путей Сообщенія Императора
Александра I.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Типографія Ю. Н. Эрлихъ, Садовая № 9.
1894.

1975

Записки, составленныя по читаннымъ мною въ Институтѣ Инженеровъ Путей Сообщенія лекціямъ по курсу Строительныхъ Работъ, далеко еще не обработаны настолько, чтобы могли появиться въ печати и стать на ряду съ другими изданными уже Институтомъ руководствами; если же, тѣмъ не менѣе, я рѣшаюсь на печатаніе этихъ записокъ, то только ради достиженія этимъ путемъ бѣльшей ихъ дешевизны и удобочитаемости, по сравненію съ литографированными.

В. Курдюмовъ.

27 Декабря 1893 г.

О Г Л А В Л Е Н И Е.

	СТР.
Виды земляных сооружений и классификація работъ	1
Виды и свойства грунтовъ	6
Грунты скалистые неразрушенные (7).—Грунты скалистые разрушенные механически (8). — Грунты песчаные (10), — Грунты глинистые (11). — Грунты растительные (12). — Грунты смѣшанные (13).—Разрыхляемость грунтовъ и ихъ уплотненіе (13).	
Изслѣдованіе грунтовъ	16
Разработка грунтовъ	17
<i>А) Разработка грунтовъ при помощи взрывчатыхъ веществъ (17).</i>	
Взрывчатые вещества: Порохъ (18). — Нитроглицеринъ (19). — Кизельгуръ-динамитъ (21). — Гремучій студень и студенистый динамитъ (23). — Взрываніе взрывчатыхъ веществъ (25). — Заряженіе скважинъ (28).—Буреніе скважинъ (30).—Расположеніе скважинъ и опредѣленіе величинъ зарядовъ: 1) Слой скалы открыть сверху и сбоку (33).—2) Слой скалы открыть только сбоку (37).—Мины (38).	
<i>В) Разработка грунтовъ при помощи ударныхъ инструментовъ (40).</i>	
<i>С) Разработка грунтовъ лопатами (41).</i>	
Перемѣщеніе земли	44
Тачечная возка (46).— Ручныя опрокидывающіяся телѣжки (49).— Конная возка въ простыхъ телѣгахъ (50).— Конная возка по временнымъ желѣзнымъ дорогамъ (52).—Подвижной составъ (55).— Перевозка земли паровозомъ (56).—Перевозка земли при помощи постоянной малины (58). — Перевозка самокатомъ (58). — Скреперы и машина «New Era grader» (60).	
Разбивка земляныхъ работъ	63

Разработка выемокъ 75

Поперечная разработка (77).—Продольная разработка (78).—Английскій способъ разработки выемокъ (81).

Образованіе насыпей 83

Продольная отсыпка (85). — Поперечная отсыпка (87). — Засыпка искусственныхъ сооружений (88).—Объ основаніяхъ насыпей (89).—Нѣкоторыя частности вопроса о насыпяхъ изъ разныхъ грунтовъ и на разныхъ грунтахъ и выемкахъ въ разныхъ грунтахъ. — Подпорныя стѣнки (102).

Теоретическія основанія для наивыгоднѣйшаго распредѣленія земли . . 107

Профиль распредѣленія массъ (108). — Стоимость перевозки земли (115). — Распредѣленіе земли при одной точкѣ перехода (117).— Распредѣленіе земли при двухъ точкахъ перехода (120).—Распредѣленіе земли при нѣсколькихъ точкахъ перехода (123).— Распредѣленіе земли въ предѣлахъ двойныхъ работъ (126).

И С Т О Ч Н И К И:

- А. Р. Шуляченко.*—О сравнительномъ значеніи взрывчатыхъ веществъ.
- Н. Радивановскій.*—Порохъ, пироксилинъ, динамитъ и др. взрывчат. вещества.
- Р. Ландеръ* —Динамитъ.
- Э. Винклеръ* (переводъ *А. Вурцеля*).—Нижнее строеніе.
- В. Линкъ.*—Отчетъ о практическихъ занятіяхъ въ 1892 г. (Рукопись).
- А. v. Kaven.*—Erdarbeiten bei Eisenbahnen.
- W. Heune.*—Der Erdbau.
- L. Heuz.*—Praktische Anleitung zum Erdbau.
- E. Heusinger von Waldeg.*—Handbuch der Ingenieurwissenschaften. B. I.
- A. Lauenhardt.*—Das Massen-Nivellement.
- E. Pontzen.*—Travaux de Terrassement.
-

Виды земляныхъ сооружений и классификація работъ.

Земляныя сооруженія бываютъ двоякаго рода: *насыпи* и *выемки*. Разница между ними видна изъ ихъ названій.

Образованіе насыпи сопряжено съ расходомъ матеріала—земли, образованіе же выемокъ не только не вызываетъ такого расхода, но служитъ еще источникомъ его прихода. Такимъ образомъ насыпи и выемки являются сооруженіями, такъ сказать, діаметрально противоположнаго характера.

Потребность въ матеріалѣ для образованія насыпи вызываетъ необходимость производить его добычу, т. е. отрывку земли на сторонѣ, или, другими словами, влечетъ за собою образованіе выемки. Выемки, производимыя съ исключительною цѣлью добычи матеріала для насыпей, носятъ названіе *резервовъ*.

Потребность въ свалкѣ земли, получаемой при отрывкѣ выемки, обуславливаетъ собою образованіе на сторонѣ особой насыпи. Насыпи, производимыя съ исключительною цѣлью склада земли, добытой изъ выемки, называются *кавалерами*.

Такимъ образомъ, какого бы рода земляныя сооруженія ни были, при ихъ возведеніи во всякомъ случаѣ приходится производить работы четырехъ категорій: отрывку земли, перемѣщеніе ея, отсыпку и планировку, т. е. сглаживаніе, или выравниваніе наружныхъ поверхностей сооруженія. Совокупность только что перечисленныхъ операцій носитъ общее названіе земляныхъ работъ.

Форма и конструкція всякаго сооруженія опредѣляется съ одной стороны его назначеніемъ, съ другой—свойствами того матеріала, изъ котораго оно возводится.

Насыпи и выемки, устраиваемыя при проведеніи путей сообщенія, имѣютъ видъ очень длинныхъ призмъ, перемѣннаго поперечнаго

сѣченія сравнительно небольшой площади. Оси такихъ призмъ прямолинейныя или криволинейныя располагаются горизонтально или бываютъ наклонены къ горизонту вообще подъ небольшимъ угломъ. Фигура поперечнаго сѣченія землянаго сооруженія носитъ названіе поперечнаго *профиля* насыпи или выемки.

На черт. 1 и 2 показаны примѣрные поперечные профили насыпей и выемокъ желѣзнодорожныхъ.

Грань призмы, проходящая черезъ линіи ab послѣдовательныхъ профилей, называется *полотномъ*, причемъ величиною ab опредѣляется *ширина полотна*. Линія, проходящая черезъ точки i , середины ab послѣдовательныхъ профилей, носитъ названіе *оси полотна*. Разстояніе $ih = H$ точки i отъ поверхности земли въ насыпи опредѣляетъ собою *высоту* послѣдней, а въ выемкѣ—ея *глубину*. Величины высотъ насыпей и глубинъ выемокъ называются ихъ *красными отмѣтками*.

Грани призмы, проходящія черезъ линіи ac и bd и $a'c$ и $b'd$ послѣдовательныхъ профилей насыпей или выемокъ, называются *откосами*. Наклоненіе поверхности откоса къ горизонту опредѣляется отношеніемъ величины ag или $a'g$ —*высоты откоса* къ величинѣ cg —*заложенію откоса*. Отношеніе $cg:ag$ называются *коэффициентомъ откоса*, по величинѣ котораго откосы дѣлятся на двойные ($cg = 2ag$), полуторные ($cg = 1\frac{1}{2}ag$), одиночные ($cg = ag$), въ одну десятую ($cg = \frac{1}{10}ag$) и т. д. и, наконецъ, вертикальные, если $cg = 0$.

Призматическія выемки $ae'fa'$ и $befb'$ называются *кюветами*. Величины aa' и bb' представляютъ собою *ширину кювета по верху*, ef —*ширину кювета по дну*, h —*глубину кювета*.

Назначеніемъ насыпей и выемокъ опредѣляются видъ и положеніе оси полотна, ширина его ab , красная отмѣтка H , ширины и глубины кюветовъ. Что же касается коэффициента откоса, то величина его опредѣляется главнымъ образомъ свойствами матеріала, а не назначеніемъ сооруженія.

Матеріалами земляныхъ сооруженій служатъ *земли* въ обширномъ смыслѣ этого слова, т. е. всѣ вообще вещества, входящія въ составъ земной коры, а не одни только рыхлые продукты разрушенія горныхъ породъ въ смѣси съ органическими остатками, извѣстные подъ названіемъ *земли* въ общезжитіи. Отдѣльныя разновидности земель называются *грунтами*.

Познакомимся съ главнѣйшими свойствами грунтовъ, которыми обусловливается возможная крутизна откосовъ въ выемкахъ и насыпяхъ.

Въ этомъ отношеніи всѣ грунты можно подраздѣлить на нѣсколько категорій, изъ которыхъ рѣзко выдѣляются слѣдующія три.

- 1) Грунты твердые,
- 2) Грунты сыпучіе,
- 3) Грунты разжиженные.

Всѣ остальные грунты занимаютъ среднее мѣсто или между твердыми и сыпучими или между сыпучими и жидкими.

Твердый грунтъ представляетъ собою массу частицъ, находящихся во взаимномъ устойчивомъ положеніи, благодаря дѣйствующей между ними силѣ сдѣпленія. Слои такого грунта могутъ быть ограничиваемы сбоку свободными отвѣсными поверхностями или, какъ принято выражаться, способны держаться въ вертикальномъ откосѣ болѣе или менѣе значительной высоты, въ зависимости отъ величины силы сдѣпленія.

Сыпучій грунтъ представляетъ собою скопленіе сравнительно мелкихъ, ничѣмъ между собою не связанныхъ частицъ, почему онъ и не обладаетъ способностью держаться въ вертикальномъ откосѣ. Слой такого грунта, будучи ограниченъ сбоку какою либо вертикальною стѣнкою, производитъ на нее боковое давленіе. Съ удаленіемъ этой стѣнки онъ осыпается, отдѣльныя частицы его перемѣщаются, встрѣчая, однако, при этомъ нѣкоторое сопротивленіе со стороны тренья, обнаруживающагося между ними. Возможною формою бокового ограниченія слоя сыпучаго грунта является наклонный откосъ, крутизна котораго опредѣляется тѣмъ, что стремленіе частицъ къ сползанію по такому откосу парализуется обнаруживающимся при этомъ треніемъ.

Разсмотримъ условія возможности сползанія одной какой нибудь частицы по откосу, наклоненному къ горизонту подъ угломъ α (черт 3). Сила тяжести P , дѣйствующая на частицу, разлагается на двѣ силы: $K = P \sin \alpha$, и $N = P \cos \alpha$. Первая изъ нихъ, параллельная откосу, стремится сдвинуть частицу внизъ, а вторая, нормальная къ откосу, надавливаетъ ее на откосъ.

Сопротивленіе со стороны тренья соотвѣтствуетъ дѣйствию нѣкоторой силы F , направленіе которой противоположно силѣ K , а величина равна fN , гдѣ f —такъ называемый коэффициентъ тренія. Очевидно, сползаніе частицъ возможно въ томъ только случаѣ, если

$K > F$, т. е. $K > fN$. Подставляя вмѣсто K и N ихъ значенія, получимъ:

$$P \sin \alpha > f P \cos \alpha, \text{ или } \sin \alpha > f \cos \alpha$$

откуда слѣдуетъ, что сползаніе частицъ возможно до тѣхъ поръ, пока:

$$\operatorname{tg} \alpha > f.$$

Если же $\operatorname{tg} \alpha = f$, или $\operatorname{tg} \alpha < f$, то сползанія быть не можетъ и всѣ частицы сыпучаго грунта будутъ въ покоѣ. Предѣльная величина угла α , при которой прекращается сползаніе частицъ, называется *угломъ естественнаго откоса* даннаго грунта. Такую величину угла α будемъ обозначать буквою φ . Величина φ опредѣляется изъ условія $\operatorname{tg} \varphi = f$, а именно:

$$\varphi = \operatorname{arctg} f.$$

Частицы грунта разжиженнаго почти не обладаютъ ни сцепленіемъ ни треніемъ, поэтому такой грунтъ неспособенъ держаться даже и въ наклонномъ откосѣ. Будучи ограниченъ какою либо стѣнкою, разжиженный грунтъ производитъ на нее боковое давленіе, будучи-же представленъ самому себѣ, онъ совершенно расплывается.

Приведенными отличительными свойствами трехъ характерныхъ видовъ грунтовъ обуславливаются слѣдующіе возможные виды поперечныхъ профилей выемокъ:

- 1) въ твердыхъ грунтахъ—ограниченные вертикальными откосами;
- 2) въ сыпучихъ грунтахъ—ограниченные наклонными откосами, не круче естественнаго;
- 3) въ разжиженныхъ грунтахъ—ограниченные стѣнками, удерживающими грунтъ отъ расплыва.

Всѣ остальные грунты, занимающіе среднее мѣсто или между грунтами твердыми и сыпучими или между сыпучими и жидкими, могутъ быть ограничиваемы только наклонными откосами, болѣе или менѣе крутыми.

Если въ такихъ грунтахъ а также и въ сыпучемъ понадобилось бы, въ силу какихъ либо особыхъ соображеній, устроить выемку съ вертикальными или очень крутыми откосами, то это могло бы быть достигнуто только при устройствѣ особыхъ стѣнокъ, которыя, замѣняя пологіе откосы, могли бы воспринимать боковое давленіе грунта. Стѣнки съ такимъ назначеніемъ носятъ названіе *подпорныхъ*.

Твердый грунтъ, для возможности его удаленія изъ выемки, разбивается на мелкіе куски. Въ такомъ раздробленномъ состояніи твердый грунтъ всей своею массою теряетъ свойства твердаго тѣла: отдѣльные его куски не имѣютъ уже между собою ни какой связи. Трение же между этими кусками существуетъ; поэтому раздробленный твердый грунтъ по своимъ свойствамъ приближается къ тѣламъ сыпучимъ. Отсюда слѣдуетъ, что насыпь изъ раздробленнаго твердаго грунта, за невозможностью быть ограниченою вертикальнымъ откосомъ, вообще требуетъ откоса наклоннаго. Однако, оказывается, что крутизна такого откоса зависитъ не отъ одного только коэффиціента тренія даннаго грунта, но и отъ формы и взаимнаго положенія отдѣльныхъ кусковъ.

Дѣйствительно, если при образованіи насыпи изъ такого грунта не позволять отдѣльнымъ кускамъ занимать случайныя положенія, а укладывать каждый изъ нихъ такимъ образомъ, чтобы онъ не могъ сползать или перекатываться по нижележащимъ, то такая насыпь можетъ быть ограничена даже вертикальными откосами, не особенно большой высоты. Такой способъ образованія массивовъ изъ отдѣльныхъ кусковъ носить названіе *сухой кладки*.

Если при образованіи насыпи изъ камней кромѣ соотвѣтственной ихъ укладки пользоваться еще и строительнымъ растворомъ, который, сдѣлаясь съ камнями и затвердѣвая, можетъ устанавливать прочную между ними связь и тѣмъ какъ бы возвращать грунту утерянное имъ, при его раздробленіи, свойство твердости, то очевидно, такія насыпи можно ограничивать вертикальными откосами произвольной высоты. Такой способъ образованія массивовъ изъ отдѣльныхъ кусковъ носить названіе *кладки на растворѣ*.

Кладка сухая и на растворѣ разсматриваются въ отдѣлѣ каменныхъ работъ.

Въ большинствѣ случаевъ насыпи съ вертикальными или крутыми откосами ведутся изъ сухой кладки или кладки на растворѣ не сплошь по всей ихъ массѣ, а только на нѣкоторую толщину со стороны откосовъ. При этомъ слои кладки образуютъ такъ называемыя *подпорныя стѣнки*, которыми и поддерживается ядро насыпи, состоящее изъ камней, занимающихъ случайныя относительныя положенія, или изъ какого либо инаго грунта.

Свойства сыпучаго грунта, вслѣдствіе добычи его изъ выемки,

въ сущности нисколько не измѣняются, грунтъ становится только нѣсколько рыхлѣе. Поэтому насыпи изъ сыпучаго грунта нуждаются въ тѣхъ же пологихъ откосахъ, какъ и выемки. Бѣольшая крутизна откосовъ можетъ быть достигнута устройствомъ подпорныхъ стѣнокъ.

Грунты разжиженные, какъ неспособные сохранять разъ приданную имъ форму, въ сущности вовсе не годятся для образованія насыпей, но если пользованіе ими оказывается неизбѣжнымъ, то и въ этомъ случаѣ приходится прибѣгать къ подпорнымъ стѣнкамъ.

Итакъ, какъ насыпи такъ и выемки вообще могутъ быть двоякаго вида: 1) сохраняющія свою форму въ силу устойчивости собственныхъ откосовъ и 2) сохраняющія ее при содѣйствіи подпорныхъ стѣнокъ.

Насыпи располагаются на сушѣ или на мѣстности покрытой водою. Выемки производятся на сушѣ, подъ водою и подъ землею. Эти условія расположенія земляныхъ сооружений въ значительной степени вліяютъ на приемы производства работъ, а потому, для удобства изученія послѣднихъ, земляныя работы подраздѣляются на слѣдующія три группы:

1) Земляныя работы на сушѣ.

2) Подводныя земляныя работы.

3) Подземныя, входящія въ составъ работъ тоннельныхъ.

Въ послѣдующемъ изложеніи будемъ имѣть въ виду исключительно первую группу работъ.

Виды и свойства грунтовъ.

Устойчивость и прочность земляныхъ сооружений зависитъ не только отъ свойства грунта, какъ матеріала насыпей и откосовъ выемокъ, но и отъ характера залеганія грунтовъ подъ подошвою насыпей и въ откосахъ выемокъ, отъ условій циркуляціи грунтовыхъ водъ и, вообще, отъ геологическихъ особенностей данной мѣстности. Съ этою послѣднею стороною вопроса приходится сталкиваться главнымъ образомъ при проектированіи земляныхъ сооружений, а такъ какъ послѣднее не входитъ въ предѣлы нашей задачи, то мы и не станемъ касаться геологической стороны дѣла, а, указавъ только на пре-

красный трудъ Главнаго Инженера Арльбергскаго тоннеля С. Вагнера „Приложеніе Геологіи къ инженерному дѣлу“ *), изъ котораго можно почерпнуть не мало полезныхъ въ этомъ направленіи свѣдѣній, перейдемъ къ изученію главнѣйшихъ видовъ грунтовъ и ихъ свойствъ.

Выше мы уже дѣлали подраздѣленіе грунтовъ на твердые, сыпучіе и разжиженные, но такая классификація отличается слишкомъ большою общностью и годится только для нѣкоторыхъ теоретическихъ соображеній относительно формъ и условій устойчивости земляныхъ сооружений. Переходя же къ изученію приемовъ производства земляныхъ работъ, желательно установить иную, болѣе точную классификацію грунтовъ. Наиболѣе подходящею, съ этой точки зрѣнія, классификаціею является, на нашъ взглядъ, слѣдующая:

- 1) Грунты скалистые не разрушенные,
- 2) Грунты скалистые разрушенные механически,
- 3) Грунты песчаные,
- 4) Грунты глинистые,
- 5) Грунты растительные,
- 6) Грунты смѣшанные.

Разсмотримъ каждый изъ перечисленныхъ видовъ грунтовъ въ отдѣльности.

1) **Грунты скалистые неразрушенные.** Къ этому роду грунтовъ относятся всѣ каменные породы, образующія сплошныя скалы. По строенію своему скалистый грунтъ бываетъ двухъ видовъ: *однороднаго* и *слоистаго* строенія, причемъ отличаютъ породы *толсто-слойныя* и *тонкослойныя*. Въ зависимости отъ силы сдѣвленія частицъ, скалу дѣлятъ на *твердую*, *среднюю* и *мягкую*. Нѣкоторыя породы, будучи мягкими при разработкѣ, съ теченіемъ времени приобрѣтаютъ большую твердость; другіе-же породы, будучи тверды при разработкѣ, послѣ непродолжительнаго пребыванія на воздухѣ, особенно послѣ заморозковъ, рассыпаются въ мелкій щебень, или дресву. Отъ строенія и твердости скалы зависитъ способъ ея разработки: такъ, большинство слоистыхъ породъ, особенно тонкослойныхъ, можетъ быть разрабатываемо при помощи ломовъ, кирокъ, клинѣвъ,

*) Переводъ съ нѣмецкаго подъ редакціею И. Мушкетова. «Сборникъ Института Инженеровъ Путей Сообщенія». Выпускъ XI. 1882 года.

вообще ударныхъ инструментовъ и только въ рѣдкихъ случаяхъ приходится пользоваться взрывчатыми веществами. Однородныя, сплошныя каменные породы по преимуществу требуютъ употребленія взрывчатыхъ веществъ и только наиболѣе мягкія удается разрабатывать ударными инструментами.

Обладая сравнительно большою силою сдѣпленія частицъ, грунты этого рода могутъ держаться въ выемкахъ въ вертикальномъ откосѣ сравнительно большой высоты—въ нѣсколько саженъ и десятковъ саженъ. Однако, въ строительной практикѣ, главнымъ образомъ въ желѣзнодорожномъ дѣлѣ, вертикальные откосы *) или откосы въ $\frac{1}{10}$ допускаютъ только для наиболѣе твердыхъ, невывѣтривающихся породъ; для породъ-же среднихъ и мягкихъ требуютъ обыкновенно болѣе пологихъ откосовъ: $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$. Въ породахъ слоистыхъ, въ томъ случаѣ если паденіе слоевъ **) болѣе или менѣе значительно, а направление простирания приближается къ параллельности съ осью выемки (черт. 4), откосамъ придають различную крутизну, а именно: съ той стороны, съ которой можно опасаться сползанія грунта, откосъ дѣлають болѣе пологимъ, а иногда прибѣгаютъ еще и къ инымъ мѣрамъ предохраненія выемки отъ обрушенія такихъ откосовъ.

Большинство скалистыхъ породъ хорошо сопротивляется механическому дѣйствию текучей воды. Степень сопротивленія скалистыхъ грунтовъ разрушительному вліянію атмосферныхъ дѣятелей весьма различна. Даже однѣ и тѣ же породы могутъ въ различной степени вывѣтриваться въ одной и той-же выемкѣ, смотря по положенію откосовъ относительно странъ свѣта: откосы, обращенные на югъ, подвергаются большимъ колебаніямъ температуры и по одной уже этой причинѣ могутъ страдать болѣе противоположныхъ.

2) Грунты скалистые разрушенные механически. Къ этой группѣ относится цѣлый рядъ разновидностей, каковы напр. а) нагроможденія крупныхъ глыбъ камней, промежутки между которыми заполнены болѣе мелкими кусками той-же породы или инымъ грун-

*) Заграницею допускаютъ и нависающіе откосы, если нѣтъ основаній опасаться за ихъ обрушеніе.

**) Паденіемъ слоя называется уголъ, составляемый линіею наибольшего уклона плоскости слоя съ горизонтомъ. Простираніемъ называется уголъ, образуемый горизонталями плоскости слоя съ меридіаномъ.

томъ; b) нагроможденія менѣ крупныхъ кусковъ камня съ такимъ-же заполненіемъ пустотъ; c) нагроможденія мелкаго щебня или гравія (грунты щебенистый и гравелистый) въ смѣси съ пескомъ или глиною *) d) *конгломераты* и *брекчии*—куски камней, съ закругленными или острыми очертаніями, *цементированные*, или крѣпко связанные между собою какою либо иною довольно твердою породою.

При разработкѣ первой разновидности грунтовъ этой группы, приходится зачастую разрывать отдѣльныя глыбы при помощи взрывчатыхъ веществъ для возможности сдвига ихъ съ мѣста. Разработка этого грунта обходится дорого, въ виду значительной траты взрывчатыхъ веществъ, необходимости большаго числа малыхъ взрывовъ, слабаго дѣйствія производимаго взрывчатыми веществами. Разработка второй разновидности, если матеріаль заполненія пустотъ мягокъ, не представляетъ большихъ затрудненій: работа ведется одними ударными инструментами или ломами и сводится къ сдвиганію съ мѣста отдѣльныхъ кусковъ. Наоборотъ, если удаленіе матеріала пустотъ затруднительно, то разработка этого грунта становится тоже довольно дорогою. Для такихъ грунтовъ, а равно и для слѣдующей разновидности, рекомендуютъ употребленіе взрывчатыхъ веществъ, но не въ видѣ небольшихъ взрывовъ, а при помощи минъ съ большими зарядами. Взрывъ такой мины имѣетъ цѣлью нарушить связь между отдѣльными кусками грунта и тѣмъ только облегчить дальнѣйшую его разработку ударными инструментами. Разработка щебенистыхъ грунтовъ, особенно плотно слежавшихся, представляетъ вообще довольно большія затрудненія вслѣдствіе того, что промежутки между отдѣльными камешками бываютъ малы, а потому ударные инструменты съ трудомъ въ нихъ проникаютъ. Если же самый щебень произошелъ изъ мягкой породы, напр. изъ глинистыхъ сланцевъ, то разработка его можетъ оказаться сравнительно легкой, но и въ этомъ случаѣ общая *встряска* грунта взрывомъ мины приноситъ значительную пользу. Конгломераты, смотря по силѣ сцѣпленія между составными его частями, приближаются по трудности и приѣмамъ разработки къ грунтамъ скалистымъ неразрушеннымъ или вышеуказаннымъ разновидностямъ грунтовъ разрушенныхъ.

Первыя двѣ разновидности грунтовъ этой группы хотя и могутъ

*) Въ послѣднемъ случаѣ иногда наблюдается нѣкоторая слоистость сложенія.

держаться въ вертикальномъ откосѣ, иногда значительной даже высоты, но устойчивость такого откоса обусловливается случайнымъ, благопріятнымъ для устойчивости взаимнымъ расположеніемъ отдѣльныхъ камней и связывающимъ дѣйствіемъ нѣкоторыхъ матеріаловъ заполнения промежутковъ. Если послѣдній матеріаль способенъ размываться, внутри грунта образуются пустоты, происходятъ движенія, сопровождающіяся обрушеніемъ откосовъ — *обвалами*.

Щебенистые грунты, плотно слежавшіяся, тоже держатся въ вертикальномъ откосѣ, но онъ можетъ разрушаться подъ вліяніемъ дождя и грунтовыхъ водъ, размывающихъ глину, цементующую этотъ грунтъ.

Стойкость всѣхъ грунтовъ этой группы обусловливается главнымъ образомъ свойствами матеріала заполнения пустотъ, а потому вопросъ о вывѣтриваемости каменныхъ частей этого грунта имѣетъ второстепенное значеніе.

Всѣ скалистые грунты являются вообще хорошимъ матеріаломъ для образованія насыпей.

3) Грунты песчаные. Къ этой категоріи относятся пески и всѣ тѣ породы, въ которыхъ песокъ является главною, преобладающею составною частью. Примѣсами къ песку служатъ гравіи, камни и главнымъ образомъ глина. Песчаные грунты съ большою примѣсью глины называютъ *супесками*. По величинѣ зеренъ песку, грунты эти дѣлятся на *крупнозернистые*, *средніе* и *мелкозернистые*. Плотность этихъ грунтовъ зависитъ отъ рода примѣсей и степени естественнаго ихъ уплотненія. Песокъ, съ примѣсью гравія или глины и плотнослежавшійся, для его разрыхленія можетъ нуждаться въ работѣ ударными инструментами, болѣе-же чистые пески хорошо разрабатываются остроконечными лопатами. Пески безъ примѣси глины только во влажномъ состояніи могутъ держаться въ вертикальномъ откосѣ высотой до двухъ аршинъ. Примѣсь глины, сдѣляя отдѣльные зерна песка, можетъ удерживать этотъ грунтъ въ вертикальномъ откосѣ бѣльшей высоты. Присутствіе воды въ такомъ грунтѣ свыше нѣкотораго предѣла нарушаетъ сдѣпленіе, вертикальный откосъ обрушается. Съ замерзаніемъ, сырой песокъ пріобрѣтаетъ значительную твердость, благодаря чему разработка его въ такомъ состояніи довольно затруднительна. Уголъ естественнаго откоса песчаныхъ грун-

товъ колеблется въ предѣлахъ 30—40°. Песчаные грунты отличаются значительною водопроницаемостью и подвержены размыву, причемъ существуетъ извѣстная зависимость между крупностью зеренъ песка и нужною для его размыва скоростью теченья воды.

Песокъ является прекраснымъ матеріаломъ для образованія насыпей: онъ плотно укладывается, не задерживаетъ въ себѣ воды, равномерно передаетъ давленіе основанію.

4) **Грунты глинистые.** Сюда относятся какъ чистыя глины, такъ и всѣ породы, въ которыхъ глина является преобладающею составною частью. Примѣсями служатъ камни, гравій и песокъ въ большей или меньшей пропорціи. Глинистые грунты съ большою примѣсью песку называются *суллинками*. Строеніе этихъ грунтовъ бываетъ однородное или слоистое. Слоистыя плотныя разновидности носятъ названіе глинъ *сланцеватыхъ* и *глинистыхъ сланцевъ*; послѣдніе, впрочемъ, могутъ быть относимы и къ породамъ скалистымъ. Глинистыя породы весьма широко распространены и представляютъ массу разновидностей, отличающихся тѣми или иными индивидуальными свойствами. Къ характернымъ свойствамъ глинъ относятся: способность впитывать въ себя воду, а за извѣстнымъ насыщеніемъ дѣлаться водонепроницаемыми или же совершенно расплываться, сравнительно легкая размываемость водою, способность разбухать и пучиться; способность давать вертикальныя трещины по нѣкоторому опредѣленному направленію и тѣмъ вызывать обвалы; значительная плотность и вязкость въ сухомъ состояніи и быстрое паденіе сдѣпленія при насыщеніи водою; способность замерзать. Сухія глины могутъ держаться въ вертикальномъ откосѣ высотой до 5 саж., сырыя до 2 саж.; мокрыя глины держаться въ откосѣ въ 10°—30°, нѣкоторые же сорта совершенно расплываются. Нѣкоторыя глины лучше держатся въ вертикальномъ откосѣ, чѣмъ въ пологомъ; объясняется это тѣмъ, что при вертикальномъ откосѣ дождевая вода труднѣе проникаетъ въ массу глины, чѣмъ при пологомъ, съ которымъ она дольше остается въ соприкосновеніи.

Степень трудности разработки глинистыхъ грунтовъ варьируетъ въ довольно широкихъ предѣлахъ. Такъ, глинистые сланцы могутъ нуждаться въ употребленіи взрывчатыхъ веществъ, сухія сланцеватыя глины и вообще плотно слежавшіяся нуждаются въ работѣ ударны-

ми инструментами; влажныя, вязкія разновидности затрудняют ударную разработку: инструменты застревают въ нихъ; нѣкоторые сорта удачно разрабатываются помощью клиньевъ и клинообразныхъ острыхъ лопатъ; разработка облегчается въ зависимости отъ процента примѣси песка.

Какъ матеріаль откосовъ и дна выемокъ глина зачастую причиняетъ много хлопотъ. Какъ матеріаль для образованія насыпей глина требуетъ весьма осторожнаго къ ней отношенія. Вслѣдствіе замерзанія и образованія комьевъ глина не можетъ быть употребляема для насыпей, возводимыхъ въ зимнее время.

5) **Грунты растительные.** Сюда относятся: 1) *Черноземъ*, или *растительная земля*, представляющая собою смѣсь растительнаго перегноя съ пескомъ и глиною. Черноземъ составляетъ верхній слой поверхности земли, толщина его доходитъ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ до 3 арш., но въ большинствѣ случаевъ ограничивается нѣсколькими вершками. Черноземъ во влажномъ состояніи можетъ держаться въ вертикальномъ откосѣ до 2-хъ аршинъ. При избыткѣ воды онъ обращается въ грязь. Текучая вода легко его размываетъ. Отъ утрамбовыванія черноземъ уплотняется, но немного, обладая нѣкоторою упругостью; подъ нагрузкою же черноземъ можетъ сильно уплотниться. Для разработки чернозема употребляются лопаты съ острыми или прямыми ребрами. Главное достоинство чернозема—его способность покрываться растительностью, которая своими корнями укрѣпляетъ его, дѣлаетъ способнымъ держаться въ крутомъ откосѣ и сопротивляться дѣйствию текучей воды (дернъ). Растительная земля употребляется главнымъ образомъ на покрытіе откосовъ насыпей и выемокъ.

2) *Торфъ* представляетъ собою продуктъ разложенія растений подъ водою, а именно въ болотахъ. Въ зависимости отъ времени происхожденія, торфъ дѣлать на *старый* и *новый*, или *молодой*. Первый бываетъ чернаго цвѣта, довольно плотный, безъ видимыхъ слѣдовъ тѣхъ растений, изъ которыхъ онъ произошелъ. Молодой торфъ цвѣта бураго, рыхлый, волокнистаго строенія. Какъ въ томъ, такъ и въ другомъ торфѣ бываетъ много песку, глины, которые иногда являются ввидѣ прослойковъ. Плотность торфа бываетъ неодинакова по всей его толщѣ, иногда онъ какъ бы плаваетъ на совершенно чистой водѣ, иногда же плотность его уменьшается по-

степенно и торфъ переходитъ въ густую массу, называемую *болотнымъ грунтомъ*. Смотря по состоянію верхнихъ слоевъ торфянаго болота, его называютъ сухимъ или мокрымъ. Торфъ обладаетъ значительною сжимаемостью; плотно слежавшійся, онъ держится въ вертикальномъ откосѣ высотой до 2—3 аршинъ. Для его разработки употребляются острия лопаты. Торфъ обладаетъ горючестью. Въ качествѣ матеріала для образованія насыпей употребляется сравнительно рѣдко.

6) **Грунты смѣшанные.** При разработкѣ выемокъ довольно часто приходится встрѣчать не одинъ какой-либо опредѣленный грунтъ, а цѣлый рядъ различныхъ грунтовъ, залегающихъ обыкновенно слоями разной толщины, наклоненными подъ самыми разнообразными углами къ горизонту, начиная отъ горизонтальныхъ до вертикальныхъ включительно. Къ различнымъ видамъ такихъ грунтовъ приходится примѣнять различные же способы разработки, что конечно усложняетъ работу. Обмѣръ количества отдѣльныхъ грунтовъ весьма затруднителенъ, а порою положительно невыполнимъ. Благодаря этому обстоятельству, имѣя дѣло съ такимъ грунтомъ, приходится за его разработку устанавливать цѣну совершенно гадательно. Связь между отдѣльными слоями смѣшаннаго грунта бываетъ вообще не велика и потому, при неблагоприятныхъ условіяхъ ихъ залеганія, легко происходятъ движенія въ массѣ откосовъ. Такому движенію особенно способствуютъ водоносные прослойки, лежащія непосредственно надъ слоями жирной глины, которая отъ воды дѣлается скользкою. Вышележащіе слои, потерявшіе опору сбоку, вслѣдствіе образованія выемки, лишаются возможности удерживаться на своемъ мѣстѣ, приходятъ въ движеніе, разрываются, образуютъ трещины съ нагорной стороны, облегчая этимъ проникновеніе дождевой воды къ водоносному слою и тѣмъ ускоряя обрушеніе откосовъ. Какъ матеріаль для насыпи, грунты эти могутъ быть вполне хорошими, но, во избѣжаніе неравномѣрныхъ осадокъ, необходимо слѣдить за возможно болѣе равномѣрнымъ распредѣленіемъ разныхъ сортовъ грунта въ массѣ насыпи, если послѣдняя не сыпется правильными слоями.

Разрыхляемость грунтовъ и ихъ уплотненіе. При описаніи отдѣльныхъ родовъ грунтовъ были указаны только главнѣйшія

ихъ частныя свойства. Кромѣ этихъ частныхъ свойствъ, всѣ грунты обладаютъ еще однимъ общимъ—*разрыхляемостью*. Разрыхляемость грунта заключается въ томъ, что объемъ его послѣ разработки (въ рыхломъ тѣлѣ) оказывается всегда больше того, каковъ былъ до разработки, т. е. въ естественномъ состояніи (въ плотномъ тѣлѣ). Объясняется это тѣмъ, что отдѣльные куски или частицы выработаннаго и сложеннаго въ кучѣ грунта не могутъ такъ плотно примыкать одинъ къ другому, какъ это было въ залежи; сумма объемовъ пустотъ между кусками или частицами грунта и составляетъ излишекъ въ объемѣ. Съ теченіемъ времени, подъ вліяніемъ собственнаго вѣса, вѣшной нагрузки, трамбованія и т. п., объемъ добытаго грунта болѣе или менѣе уменьшается, т. е. грунтъ *уплотняется*, однако, и послѣ продолжительнаго промежутка времени замѣчается нѣкоторая разность въ объемахъ.

Уплотненіе насыпнаго грунта выражается въ пониженіи высоты насыпи, которое называется *осадкою*. Такъ какъ осадки бываютъ довольно значительны, то ихъ приходится принимать въ расчетъ при производствѣ работъ, а именно: всѣ насыпи дѣлать выше проектной высоты, съ тѣмъ чтобы послѣдняя получалась послѣ окончательной уже осадки.

Скалистый грунтъ, добываемый въ кускахъ большаго сравнительно размѣра, наименѣе плотно укладывается при обыкновенной ссыпкѣ. Самостоятельное уплотненіе такого грунта, или болѣе компактная укладка отдѣльныхъ его кусковъ можетъ совершаться только насчетъ небольшихъ движеній въ массѣ. Если камень мягокъ, онъ можетъ раздавливаться, у него могутъ откалываться выступающія острия ребра, и т. п., это и можетъ вызвать движенія, сопровождающіяся уплотненіемъ насыпи; однако, при сравнительно небольшихъ движеніяхъ и хотя бы и большихъ пустотахъ самое уплотненіе не можетъ быть велико. Болѣе твердыя породы, очевидно, должны давать меньшія уплотненія, чѣмъ мягкія, такъ какъ самое раздавливаніе ихъ происходитъ труднѣе. Въ грунтахъ глинистыхъ и песчаныхъ или въ такихъ, гдѣ глина и песокъ являются примѣсью, движенія въ насыпи могутъ быть больше: частицы глины легко измѣняютъ свою форму подъ вліяніемъ даже небольшихъ усилій. Вода, смачивая глину и песокъ, дѣлаетъ ихъ еще болѣе легкоподвижными, а потому въ такого рода грунтахъ и уплотненіе можетъ

быть значительно больше, чѣмъ въ скалистыхъ. Мерзлая глина образуетъ много пустотъ между комьями, отличаясь же довольно значительною твердостью, плохо уплотняется. Оттаивая и снова приобретающая способность легко измѣнять форму своихъ комьевъ, глина начинаетъ бытро уплотняться, но для этого уплотненія оказывается необходимымъ заполнить много пустотъ, а потому въ ней должны происходить очень большія движенія, сопровождающіяся большою же осадкою насыпи. Въ высокихъ насыпяхъ изъ мерзлой глины оттаиванье можетъ продолжаться очень долго, а потому такая насыпь въ теченіи нѣсколькихъ лѣтъ можетъ давать осадки. Это обстоятельство заставляетъ избѣгать употребленія мерзлой глины на образованіе насыпей, а такъ какъ глины являются весьма распространеннымъ грунтомъ, то въ большинствѣ случаевъ приходится отказываться и отъ самаго производства земляныхъ работъ зимою. При этомъ слѣдуетъ еще замѣтить, что и самая разработка или выемка мерзлой глины труднѣе и дороже. Тоже самое, хотя и въ нѣсколько меньшей степени, относится къ мерзлomu песку.

Степень разрыхляемости грунтовъ можетъ быть выражена въ процентахъ отъ объема грунта въ его естественномъ состояніи. Такъ, полное разрыхленіе грунта, вслѣдъ за добычею его изъ выемки, можно выразить слѣдующими приблизительными цифрами:

Для песка	около	5%
„ глинистаго и щебенистаго грунта.	10%—15%	
„ скалистаго грунта.	20%—35%	

Послѣ полной осадки насыпи изъ разрыхленнаго грунта излишекъ ея объема, или *остаточное разрыхленіе*, выраженное въ доляхъ первоначальнаго объема грунта въ выемкѣ, опредѣляется слѣдующими цифрами:

1) По Винклеру:

Для песка и хряща	около	1%
„ чернозема и булыжника		3%
„ жирной глины.		5%
„ твердой жирной глины, обыкновенной глины и мергеля.		7%
„ слабой скалы		10%
„ средней „		17%
„ твердой „		25%

2) По Henz'у:

Для песка.	1 ⁰ / ₀ —1 ¹ / ₂ ⁰ / ₀
„ тощей глины и вообще легких земель.	3 ⁰ / ₀
„ мергеля	4 ⁰ / ₀ — 5 ⁰ / ₀
„ твердой глины.	6 ⁰ / ₀ — 7 ⁰ / ₀
„ скалистого грунта.	8 ⁰ / ₀ —12 ⁰ / ₀

По сравненіи этихъ данныхъ нельзя не замѣтить большой разницы цифръ остаточнаго разрыхленія для скалы. Исходя изъ цифръ объема промежутковъ въ кладкѣ изъ камней неправильной формы, можно утверждать, что цифры Винклера для скалистаго грунта вѣрнѣе цифръ Henz'а.

Изслѣдованіе грунтовъ.

При составленіи проекта земляныхъ сооруженій изслѣдованіемъ грунтовъ могутъ преслѣдоваться двѣ различныя цѣли: 1) выясненіе геологическихъ особенностей данной мѣстности и 2) опредѣленіе рода грунтовъ, которые могутъ встрѣтиться въ выемкахъ.

Еще недавно на геологическія особенности мѣсть, избираемыхъ подъ земляныя сооруженія, не обращали ровно никакого вниманія, но рядъ строительныхъ ошибокъ, происшедшихъ отъ неблагопріятныхъ для устойчивости сооруженій геологическихъ условій мѣстности, заставляетъ насъ теперь иначе относиться къ этому дѣлу, и, напри- мѣръ, при выборѣ направленія желѣзной дороги не ограничиваться одною только съемкою и нивелировкой, но дѣлать и геологическія изслѣдованія.

Задача такого геологическаго изслѣдованія заключается въ выясненіи характера залеганія и рода грунтовъ, встрѣчающихся въ дан- ной мѣстности, условій циркуляціи подземныхъ водъ и т. п. Методы такого широкаго изслѣдованія подробно излагаются въ курсахъ геоло- гіи, а потому мы не станемъ здѣсь на нихъ останавливаться; рав- нымъ образомъ не будемъ касаться и раціональнаго, съ геологической точки зрѣнія, проектированія земляныхъ сооруженій, такъ какъ по- слѣднее выходитъ изъ предѣловъ нашей задачи.

Опредѣленіе рода грунтовъ, встрѣчающихся въ выемкахъ, имѣетъ

болѣ скромную цѣль: полученіе данныхъ для болѣ точнаго опредѣленія количества и стоимости предстоящихъ работъ, для расчета нужныхъ матеріаловъ, приспособленій, рабочихъ силъ. Такого рода изслѣдованія грунта производятся неглубокимъ буреніемъ или шурфованіемъ. Приемы производства этихъ работъ и нужные для нихъ инструменты описаны во II-ой главѣ моего курса „Основанія и Фундаменты“.

Разработка грунтовъ.

Для возможности удаленія изъ выемки, грунтъ долженъ быть раздробленъ на отдѣльныя части—куски, комья и т. п. сравнительно небольшихъ размѣровъ для удобства обращенія съ ними. Совокупность работъ по такому раздробленію я и называю разработкою грунта.

По степени трудности разработки, грунты можно подраздѣлить на три категоріи: *трудные* или *тяжелые*, *средніе* и *легкіе*.

Къ труднымъ относятся грунты, требующіе употребленія взрывчатыхъ веществъ для возможности раздѣленія ихъ на отдѣльные куски. Къ среднимъ относятся грунты, требующіе употребленія ударныхъ инструментовъ, а иногда и взрывчатыхъ веществъ для ослабленія внутренней связи между частицами. Къ легкимъ относятся грунты, допускающіе разработку однѣми лопатами.

Разсмотримъ приемы разработки каждаго изъ этихъ грунтовъ въ отдѣльности.

А) Разработка грунтовъ при помощи взрывчатыхъ веществъ.

Въ прежнее время въ качествѣ взрывчатаго вещества употреблялся исключительно порохъ (пушечный), почему и работы съ нимъ назывались *порохострѣльными*. Въ настоящее время кромѣ пороха употребляются и другія взрывчатые вещества; это обстоятельство заставляетъ ввести новый терминъ для обозначенія работъ съ различными взрывчатыми веществами. Наболѣе подходящимъ, на нашъ взглядъ, терминомъ можетъ служить — „взрывныя работы“ (Sprengarbeiten), который я и буду употреблять въ дальнѣйшемъ изложеніи.

Взрывныя работы бываютъ двухъ родовъ: 1) Взрываніе небольшими зарядами и 2) Взрываніе большими минами.

Общій ходъ взрывныхъ работъ перваго рода таковъ: 1) въ скалѣ высверливаются болѣе или менѣе глубокія, но малаго діаметра скважины, называемыя *буровыми скважинами, бурками, шпурами* и т. д.; 2) нижняя часть скважинъ заполняется взрывчатымъ веществомъ, а верхняя — *забойкою*, состоящею изъ песку, глины и т. п. матеріаловъ, причемъ черезъ эту забойку прогоняется *запалъ*, помощью котораго заряду сообщается огонь; 3) производится взрывъ. Быстро, и въ большомъ количествѣ образующіеся при сгораніи взрывчатаго вещества газы, не находя прямого для себя выхода, разрываютъ скалу. Работы втораго рода отличаются только тѣмъ, что вмѣсто скважинъ пользуются подземными галлереями, въ уширенномъ концѣ которыхъ помѣщается очень большой (въ нѣсколько пудовъ) зарядъ взрывчатаго вещества.

Познакомимся теперь нѣсколько подробнѣе со взрывчатыми веществами и отдѣльными приемами взрывныхъ работъ.

Взрывчатыя вещества.

Порохъ еще недавно употреблялся исключительно пушечный, приобрѣтавшійся на казенныхъ заводахъ. Съ разрѣшеніемъ устройства частныхъ пороховыхъ заводовъ, появились особые сорта пороха, предназначенные спеціально для взрывныхъ работъ. Такой порохъ лучше и выгоднѣе пушечнаго. Иногда пользуются самодѣльнымъ порохомъ *).

Смѣсь измельченныхъ составныхъ частей пороха: угля, сѣры и селитры носить названіе — *пороховой мякоти* и представляетъ собою, такъ сказать, только сырой матеріалъ для изготовленія пороха. Настоящій порохъ имѣетъ видъ зеренъ большей или меньшей крупности и значительно уплотненныхъ. Кромѣ зернистаго пороха, для минъ

*) Наиболѣе выгодная пропорція составныхъ частей слѣдующая: 6 вѣсовыхъ частей селитры, 1 часть сѣры и 1 часть угля; однако, пользуются и иными, напр. 4 вѣс. ч. селитры, 1 ч. сѣры и 1 ч. угля. Во избѣжаніе опасности отъ взрыва, измельченіе составныхъ частей слѣдуетъ производить каждаго въ отдѣльности. Сила пороха зависитъ отъ степени измельченія составныхъ частей, равномерности смѣшенія и искусственнаго уплотненія.

употребляется еще призматическій, имѣющій видъ шестигранныхъ призмъ (сторона = $1\frac{3}{16}$ " , высота 1") съ семью цилиндрическими каналами, параллельными оси призмы. Зернистый порохъ воспламеняется труднѣе мякоти, но сгораетъ вдвое быстрѣе, а потому и взрывная сила пороха гораздо больше.

Порохъ легче воспламеняется помощью тлѣющаго тѣла и электрической искры, чѣмъ отъ пламени, тренья и удара. Однако, ударъ желѣза по желѣзу и даже свинца по свинцу можетъ воспламенить порохъ. Воспламенение и сгорание пороха зависитъ отъ степени его сухости. Отсырѣвшій порохъ легко растирается въ мякоть между пальцами. Порохъ можетъ портиться отъ неблагопріятныхъ условій храненія, такъ, напр. селитра можетъ вывѣтриваться. Относительно условій храненія и перевозки пороха имѣются особья, закономъ установленныя правила.

Нитроглицеринъ добывается изъ глицерина путемъ замѣны въ немъ части водорода группою NO_2 . Совершенно чистый нитроглицеринъ представляетъ тяжелую маслянистую жидкость, удѣльнаго вѣса 1,6, безцвѣтную или слегка желтоватую, неимѣющую запаха, сладковато-жгучаго вкуса.

При медленномъ нагрѣваніи на открытомъ воздухѣ до $100^\circ C$., нитроглицеринъ остается безъ измѣненія. При $109^\circ C$. онъ начинаетъ испаряться, не разлагаясь. Медленно нагрѣтый до $193^\circ C$. нитроглицеринъ начинаетъ разлагаться, теряя свои взрывчатые свойства; быстрое же нагрѣваніе до $180^\circ C$. вызываетъ разложеніе, сопровождающееся взрывомъ.

Отъ дѣйствія огня нитроглицеринъ воспламеняется и горитъ безъ дыма, голубовато-зеленоватымъ пламенемъ. При температурѣ ниже $+8^\circ C$. нитроглицеринъ затвердѣваетъ, или замерзаетъ. Оттаиваніе его происходитъ при продолжительномъ дѣйствіи на него температуры въ $9-11^\circ C$.

Нитроглицеринъ обладаетъ способностью взрываться отъ сотрясеній, производимыхъ взрывомъ другихъ веществъ, расположенныхъ по сосѣдству. Это свойство нитроглицерина носить названіе *детонаціи*. Для взрыва нитроглицерина теперь обыкновенно пользуются взрывами такихъ веществъ, которыя сами взрываются отъ воспламененія. Вещества съ такимъ назначеніемъ называются *детонаторами*.

Нитроглицеринъ также легко взрывается отъ ударовъ и толчковъ; это обстоятельство дѣлаетъ его крайне опаснымъ въ перевозкѣ и вообще при обращеніи съ нимъ. Существуетъ мнѣніе, что мерзлый нитроглицеринъ менѣе чувствителенъ къ толчкамъ и ударамъ, чѣмъ жидкій, однако, рядъ несчастныхъ случаевъ, происшедшихъ отъ ударовъ острыми орудіями по замерзшему нитроглицерину, доказываетъ противное.

Опасность нитроглицерина и неудобства обращенія съ жидкимъ матеріаломъ не допускали широкаго примѣненія этого взрывчатого вещества въ строительномъ дѣлѣ и были причиною попытокъ видоизмѣнить нѣкоторыя его свойства.

Удачною такою попыткою является изобрѣтеніе въ 1867 году А. Нобелемъ *динамита*. Динамитъ представляетъ собою смѣсь нитроглицерина съ нѣкоторыми порошкообразными пористыми веществами, имѣющую видъ мягкаго, пластичнаго тѣста*).

Въ динамитѣ нитроглицеринъ является какъ бы раздробленнымъ на весьма мелкія части, помѣщающіяся въ порахъ и промежуткахъ между порошинками. Такое раздробленное состояніе нитроглицерина дѣлаетъ динамитъ менѣе опаснымъ матеріаломъ. Сила динамита зависитъ отъ процентнаго содержанія въ немъ нитроглицерина и рода порошкообразнаго вещества — *поглотителя*.

Въ зависимости отъ рода поглотителя, динамиты дѣлятся на два класса: 1) на динамиты съ *инертнымъ* (или недѣятельнымъ) *основаніемъ* и 2) на динамиты съ *активнымъ* (или дѣятельнымъ) *основаніемъ*. Къ первому классу относятся динамиты, въ которыхъ вещество поглотителя не принимаетъ участія во взрывѣ нитроглицерина и даже до нѣкоторой степени замедляетъ его. Ко второму классу относятся динамиты, въ которыхъ вещество поглотителя, само разлагаясь при взрывѣ, усиливаетъ дѣйствіе нитроглицерина. Къ инертнымъ основаніямъ относится *инфузорная земля*, или *кизельгуръ*

*) Динамитъ отпускается съ заводовъ въ видѣ цилиндрическихъ патроновъ, обернутыхъ пергаментною бумагою. Размѣры патроновъ: діаметръ $7/8$ "—2", высота $1\frac{1}{4}$, 2, 4, 6, 7", вѣсъ ихъ отъ 25 до 600 граммовъ. Патроны укладываются въ коробки, по 6 фунтовъ въ каждой, а коробки въ деревянный ящикъ, вѣсомъ до 3 пудовъ въ каждомъ.

Въ случаѣ надобности имѣть патроны большіе или иной формы, ихъ можно готовить изъ мягкихъ патроновъ меньшаго размѣра.

и др.; къ активнымъ—целлулоза, смѣси угля съ солями богатыми кислородомъ, хлопчатобумажный порохъ, или пироксилингъ, обыкновенный порохъ и т. д.

Разсмотримъ главнѣйшіе сорта динамитовъ и ихъ свойства.

а) Динамиты съ инертнымъ основаніемъ:

Кизельгуръ-динамитъ, приготовляемый на фабрикахъ Нобеля и К^о, бываетъ трехъ номеровъ*), составъ которыхъ слѣдующій:

	№ I	№ II	№ III
Нитроглицерина	75%	50%	35%
Кизельгура	24,5%	49,5%	64,5%
Соды	0,5%	0,5%	0,5%

Кизельгуръ, или кремнистая инфузорная земля, добываемая недалеко отъ фабрики Нобеля, состоитъ изъ покрытыхъ кремнистою оболочкою клѣточекъ окаменѣлыхъ водорослей. Клѣточки эти, будучи очень мелки, прочны, почти несжимаемы, хорошо сопротивляясь толчкамъ и давленію, служатъ весьма надежными и безопасными вмѣстилищами для нитроглицерина.

Сода прибавляется въ динамитъ съ тою цѣлью, чтобы она, реагируя на образующіяся въ динамитѣ кислоты, дѣлала его болѣе прочнымъ и менѣе опаснымъ.

Динамитъ № I всегда какъ будто мокръ, въ мягкомъ состояніи имѣетъ свѣтло-оранжевый или желто-коричневый цвѣтъ, а въ замершемъ состояніи—грязновато-бѣлый.

Динамитъ № II представляетъ густое, но не влажное тѣсто.

Динамитъ № III настолько сухъ, что легко разваливается. Цвѣта послѣднихъ номеровъ красновато-коричневые, болѣе темные въ замершемъ динамитѣ.

Кизельгуръ-динамиты, будучи зажжены или брошены въ огонь, не даютъ взрыва. Если же бросить въ огонь или вообще нагрѣть динамитъ, заключенный въ закупоренную жестянку или иной крѣпкій сосудъ, то онъ даетъ сильный взрывъ.

При 8° С. динамиты твердѣютъ (замерзаютъ) и тѣмъ скорѣе,

*) Четвертый № (марка № III В) динамита содержитъ активное основаніе.

чѣмъ менѣе въ нихъ нитроглицерина. Оттаиваніе начинается при температурѣ около 10° С. Искусственное оттаиваніе не слѣдуетъ производить при температурѣ свыше 60° С., а потому не слѣдуетъ допускать подогреванія динамита въ печахъ, на плитѣ. Оттаиваніе замерзшаго динамита и вообще обращеніе съ нимъ должно быть крайне осторожно, такъ какъ хотя и считается, что мерзлый нитроглицеринъ менѣе чувствителенъ къ ударамъ, но, если сравнить число несчастныхъ случаевъ съ динамитами замерзшими и незамерзшими, то перевѣсъ окажется на сторонѣ первыхъ.

Если нельзя избѣжать употребленія замерзшихъ патроновъ динамита, то ихъ въ этомъ состояніи ни въ какомъ случаѣ не слѣдуетъ разбивать, разламывать, рѣзать. Въ мерзломъ динамитѣ нельзя высверливать углубленій для помѣщенія запала.

Динамитъ, оставаясь долгое время на воздухѣ, вывѣтривается: нитроглицеринъ изъ него испаряется. Подъ водою динамитъ сравнительно быстро выщелачивается. Поэтому кизельгуръ-динамитъ при подводныхъ работахъ нужно помѣщать въ непромокаемыхъ оболочкахъ или же взрывать вслѣдъ за погруженіемъ въ воду. Даже атмосферная влажность въ состояніи вытѣснить изъ динамита нитроглицеринъ, который и выступаетъ на поверхности. Кизельгуръ-динамитъ, будучи въ мягкомъ состояніи, можетъ испытывать довольно сильные толчки не взрываясь, если только онъ хорошо приготовленъ и весь нитроглицеринъ поглощенъ основаніемъ. Взрывъ отъ удара происходитъ легче, если динамитъ помѣщается между желѣзомъ и желѣзомъ, труднѣе—если между желѣзомъ и камнемъ и совсѣмъ не бываетъ взрыва, если динамитъ лежитъ на желѣзѣ, а удары производятся деревомъ. Отсюда принято за правило, при заряженіи буровыхъ скважинъ динамитомъ забивать ихъ деревяннымъ шомполомъ.

Дурно приготовленный динамитъ можетъ саморазлагаться, что сопровождается воспламененіемъ и взрывами всего количества.

Намѣренное взрываніе кизельгуръ-динамита производится при помощи капсулей съ гремучею ртутью. Мерзлый динамитъ отъ взрыва гремучей ртути не взрываетъ, но его можно взорвать патрономъ динамита целлулознаго.

Другіе динамиты съ инертнымъ основаніемъ въ русской строительной практикѣ не употребляются.

б) Динамиты съ активнымъ основаніемъ.

Динами́тъ целлулозны́й. Основаніемъ служить растительная клѣтчатка, или целлулоза. Цвѣтъ этого динамита тѣмно-сѣрый, иногда желтый. Динами́тъ этотъ пластиченъ и мелкозернистъ. Составъ его такой:

Нитроглицерина	70 — 75	%
Целлулозы	29,5 — 24,5	%
Со́ды	0,5	%

Удары и толчки динами́тъ этотъ въ мягкомъ состояніи выдерживаетъ также хорошо, какъ и кизельгуръ-динами́тъ, въ состояніи-же твердомъ—хуже.

Въ сыромъ состояніи динами́тъ этотъ не горитъ. Его можно хранить и перевозить совершенно не опасаясь взрыва.

Въ водѣ целлулозны́й динами́тъ не выщелачивается, почему можетъ быть употребляемъ подъ водою безъ непромокаемой оболочки. По силѣ целлулозны́й динами́тъ не уступаетъ кизельгуръ-динамиту № 1. Целлулозны́й динами́тъ обладаетъ способностью взрываться гремучею ртутью даже и въ мерзломъ состояніи, и при этомъ можетъ служить детонаторомъ для взрыва мерзлаго кизельгуръ-динамита.

Гремучій студень и студенистый динами́тъ состоятъ изъ нитроглицерина, растворимаго пироксилина и камфоры, отличаясь одинъ отъ другаго количествомъ составныхъ частей.

Какъ тотъ, такъ и другой имѣютъ видъ довольно упругаго, полупрозрачнаго, жирнаго на ощупь тѣла, похожаго на полузастывшій клей. Удѣльный вѣсъ того и другаго — 1,6. Будучи зажжены, оба препарата сгораютъ спокойно, не давая взрыва. Даже заключенный въ жестяную гильзу динами́тъ этотъ, будучи воспламененъ, взрыва не даетъ. Гремучій студень при медленномъ нагрѣваніи взрываетъ при 204° С., а при быстромъ—при 240°. Отъ примѣси 10% камфоры студень теряетъ способность взрыва при медленномъ нагрѣваніи, при быстромъ же нагрѣваніи температура, при которой происходитъ взрывъ, значительно повышается. Этимъ обстоятельствомъ объясняется слабая чувствительность обоихъ этихъ динамитовъ къ ударамъ и толчкамъ. Въ водѣ оба динамита не мѣняють своихъ ка-

чество, хотя видимое выщелачивание, выражающееся поблещением массы на некоторую глубину, и происходит. Оказывается, что такое выщелачивание ограничивается только поверхностью.

Замерзание гремучаго студня и студенистаго динамита происходит труднее, чѣмъ другихъ динамитовъ, а оттаивание, наоборотъ, легче и скорѣе, причѣмъ не бываетъ выдѣленія нитроглицерина.

Взрывание гремучаго студня и студенистаго динамита, вообще болѣе трудное, съ замерзаниемъ еще болѣе затрудняется, однако, динамиты эти можно взрывать и въ твердомъ состоянii помощью особо приготовленныхъ патроновъ.

Кромѣ только что упомянутыхъ сортовъ динамита имѣется цѣлый рядъ другихъ, но мы пройдемъ ихъ молчанiемъ, такъ какъ они у насъ въ строительномъ дѣлѣ употребляются рѣже.

Изъ сравненiя нитроглицерина съ порохомъ оказывается, что сила перваго въ пять-шесть разъ болѣе силы втораго, если брать равныя вѣсовыя количества, если же брать равныя объемы, то при удѣльныхъ вѣсахъ нитроглицерина = 1,6 и пороха = почти 1, отношение взрывныхъ силъ увеличивается до (5—6) 1,6 : 1 = (8—10) : 1.

Взрывная сила динамитовъ почти пропорциональна количеству содержащагося въ нихъ нитроглицерина. Отсюда не трудно сдѣлать приблизительное сравненiе взрывной силы пороха и разныхъ №№ динамита. Сила динамита оказывается одинаковою находится ли онъ въ мягкомъ или твердомъ состоянii. Эффектъ взрыва въ значительной степени зависитъ отъ строения скалы: чѣмъ она плотнѣе, чѣмъ меньше въ ней трещинъ и мягкихъ прослойковъ, тѣмъ совершеннѣе происходитъ ея разрушенiе. Выборъ того или иного сорта динамита зависитъ отъ твердости скалы, условiй работы и назначенiя добываемаго камня. Для твердыхъ породъ берутъ динамиты № I, целлулозный, студенистый, смотря по тому, сухи или мокры скважины; для подводныхъ работъ идетъ преимущество динамита целлулозного, студенистый или гремучiй студень. Для породъ мягкихъ употребляютъ динамита № II и № III. Наболѣе правильно, вопросъ о выборѣ динамита для данной породы рѣшается пробными взрывами. При разработкѣ скалы на строительный камень, особенно на облицовку, берутъ динамита № IV. Впрочемъ, въ послѣднемъ случаѣ рекомендуютъ отдавать предпочтенiе хорошему пороху. Дѣйствительно, сильные сорта динамита не только разрываютъ скалу на отдѣльные камни,

но частью нарушают внутреннюю связь между частицами отдельных камней, вызываютъ въ нихъ образование *волосныхъ* трещинъ, которыя являются зародышами послѣдовательнаго вывѣтриванія подъ вліяніемъ прониканія и замерзанія въ нихъ воды.

Сравнивая порохъ и динамитъ съ экономической точки зрѣнія, предпочтеніе приходится отдать второму. Хотя вѣсовая единица пороха въ 3—4 раза дешевле динамита, все же работы при употребленіи послѣдняго обходятся дешевле. Происходитъ это съ одной стороны вслѣдствіе большей силы динамита, обусловливающей меньшій его расходъ, а съ другой—большимъ удѣльнымъ вѣсомъ или меньшимъ объемомъ на единицу вѣса, позволяющимъ бурить для него скважины меньшаго діаметра. Сокращеніе же числа скважинъ и уменьшеніе ихъ діаметра главнымъ образомъ и понижаетъ стоимость взрывныхъ работъ, особенно въ скалѣ значительной твердости.

Взрываніе взрывчатыхъ веществъ.

Порохъ взрываютъ при его воспламененіемъ пороховою мякотью, *Бикфордовымъ шнуромъ* (стопиномъ, затравкою), или при помощи электричества.

Для взрыва динамитовъ въ мягкомъ состояніи употребляются *нитроны*, или *капсюли* съ гремучею ртутью, которые взрываются при воспламененіи. Воспламененіе капсюля производится при помощи бикфордова шнура или электрическаго запала.

Капсюль представляетъ собою мѣдный тонкостѣнный стаканчикъ, на днѣ котораго помѣщена смѣсь изъ 80⁰/₀ гремучей ртути и 20⁰/₀ бертолетовой соли, въ количествѣ 0.3, 0.5, 1.0, 1.5 и 2-хъ граммъ. Капсюли въ 0.3 грамма употребляются для взрыва динамита, содержащаго не менѣе 45⁰/₀ нитроглицерина; капсюли съ 0,5 грамма употребляются для динамитовъ съ меньшимъ его содержаніемъ. Капсюли съ 1—2 граммами гремучей ртути служатъ для взрыва замерзшаго динамита и то не непосредственно, а при помощи небольшого патрона мягкаго динамита.

Бикфордовъ шнуръ состоитъ изъ пороховой сердцевины и оболочки, по виду которой различаютъ слѣдующіе сорта шнура:

1) Бѣлый, 2) Простой, 3) Двойной, или ленточный, и 4) Гуттаперчевый.

Въ бѣломъ шнурѣ льняная оболочка крѣпко обвита ниткою и покрыта слоемъ жирнаго гипса. Этотъ шнуръ горитъ почти безъ запаха и предназначается для подземныхъ работъ. Будучи промокаемымъ, онъ можетъ быть употребляемъ только въ совершенно сухихъ скважинахъ.

Простой шнуръ вмѣсто гипса обмазывается каменноугольною смолою, что дѣлаетъ его менѣе промокаемымъ и допускаетъ его употребленіе въ сырыхъ мѣстахъ.

Въ двойномъ или ленточномъ шнурѣ оболочкою служитъ просмоленная лента. Шнуры эти могутъ употребляться въ мокрыхъ скважинахъ и могутъ даже оставаться нѣкоторое время подъ водою.

Въ гуттаперчевомъ шнурѣ льняная обертка покрыта слоемъ гуттаперчи, что дѣлаетъ его совершенно водонепроницаемымъ.

Продолжительность горѣнія одного метра шнуровъ выражается слѣдующими средними цифрами *):

1 метръ бѣлаго шнура горитъ	около	73 сек.
1 „ простого „ „ . . .		84 „
1 „ ленточнаго шнура горитъ .		92 „
1 „ гуттаперчеваго „ „ . .		94 „

Этими цифрами пользуются при опредѣленіи той длины шнура, при которой время его горѣнія отъ момента воспламененія до взрыва будетъ достаточнымъ для того, чтобы рабочіе, производящіе воспламененіе, успѣвали убѣгать на безопасное разстояніе.

Срѣзавъ острымъ ножемъ конецъ шнура перпендикулярно его длинѣ для обнаженія горючей сердцевины, шнуръ вдвигаютъ въ капсюль до самаго его донышка съ гремучею ртутью. Для прикрѣпленія капсюля къ шнуру, его обжимаютъ особыми щипцами (черт. 5), служащими и для обрѣзки. Обжимку пистона нужно дѣлать какъ можно ближе къ открытому его концу. Если взрывъ производится подъ водою, то шнуръ берется непромокаемый и мѣсто соединенія его съ пистономъ обмазывается гуттаперчею, саломъ, воскомъ или чуть теплою смолою. При большой глубинѣ взрыванія подъ водою лучше употреблять запаль электрической.

Капсюль съ зажатымъ въ немъ шнуромъ вдавливается до мѣста обжима въ небольшой (длиною 1—1½") патронъ мягкаго динамита

*) Цифры эти слѣдуетъ провѣрять при полученіи съ завода каждой партіи шнура.

(черт. 6). Болѣе глубокое помѣщеніе капсюля не только бесполезно, но можетъ быть и вредно: динамитъ можетъ загорѣться а не дать взрыва. Послѣ этого отогнутые края бумаги, въ которой завернуть динамитный патронъ, обжимаются около стошина и перевязываются тонкою бичевкою для устраненія возможности движенія капсюля въ патронѣ. Приготовленный такимъ образомъ патронъ называется *запальнымъ*. Запальные патроны, предназначенные для сырого грунта или воды, обмазываются саломъ, или варенымъ масломъ, обращая особенное вниманіе на непроницаемость соединенія оболочки патрона со стопиномъ.

Полный зарядъ скважины обыкновенно состоитъ изъ нѣсколькихъ патроновъ динамита. Запальный патронъ помѣщается или внутри главнаго заряда или непосредственно на немъ.

Мерзлый динамитъ взрываютъ запальными патронами изъ мягкаго динамита, главнымъ образомъ, целлулознаго. Для взрыва студенискаго динамита употребляются особые капсюли завода *Zamky* (около Праги), содержащіе кромѣ гремучей ртути нитрогидроцеллюлозу.

Электрическіе запалы бываютъ двухъ родовъ: въ однихъ воспламенение происходитъ отъ искры, перескакивающей въ перерывѣ проводника; въ другихъ отъ накаливанія тончайшей платиновой проволоки. Запалы эти помѣщаются въ капсюляхъ съ гремучею ртутью и продаются въ готовомъ видѣ. Капсюли съ электрическимъ запаломъ соединяются съ запальными патронами тѣмъ же способомъ, какъ и простые капсюли, воспламеняемые шнуромъ. Провода, соединяющіе зарядъ съ электрическою машиною, употребляются изолированные только въ предѣлахъ скважины. Одинъ изъ проводовъ можетъ быть замѣненъ землею, если она достаточно сыра. Воздушные провода подвѣшиваются на изоляторахъ къ столбикамъ.

Для возбужденія электричества употребляютъ небольшія машинки, смотря по роду запала, электромагнитныя или дающія статическое электричество.

Электрическое воспламенение зарядовъ имѣетъ слѣдующія преимущества передъ другими способами: 1) устраняются *остычки*, происходящія отъ потуханія или промоканія шнура; 2) не взорванный съ перваго раза запаль можетъ быть воспламененъ вторично; 3) тратится менѣе времени на воспламенение; 4) воспламенение произво-

дится съ бѣльшого разстоянія и 5) весьма просто достигается вполнѣ одновременное воспламененіе цѣлаго ряда зарядовъ.

Послѣднее обстоятельство имѣеть весьма серьезное значеніе какъ въ смыслѣ результатовъ взрыва, такъ и въ экономическомъ отношеніи: при одновременномъ взрывѣ цѣлаго ряда зарядовъ разрушительное ихъ дѣйствіе больше, при меньшей даже затратѣ взрывчатого вещества.

Для одновременнаго взрыва цѣлаго ряда зарядовъ послѣдніе соединяются послѣдовательно, т. е. одинъ полюсъ батареи или машинки соединяется съ первымъ проводомъ перваго заряда, второй проводъ перваго заряда съ первымъ проводомъ втораго заряда, второй проводъ втораго заряда съ первымъ третьяго, и т. д.; второй проводъ послѣдняго заряда соединяется со вторымъ полюсомъ батареи, проходя черезъ коммутаторъ.

Заряженіе скважинъ. Если скважина суха и непроницаема для воды, то въ нее можно сыпать порохъ непосредственно. Если, наоборотъ, стѣнки скважины влажны или въ нее проникаетъ вода, то пороховой зарядъ помѣщаютъ въ гильзу изъ восченой бумаги, растительнаго пергамента, смоленаго холста или жестианую. Опустивъ бумажный патронъ съ порохомъ на дно скважины, его протыкають мѣднымъ заостреннымъ прутомъ—*протравникомъ*, который располагають возможно ближе къ стѣнкамъ скважины. Протравникъ оставляють въ скважинѣ до ея заполнения, или *забоя*. Забой дѣлають изъ сухой глины, а въ верхней части изъ щебня, хорошо утрамбованныхъ деревянною палкою—*шомполомъ*. Затѣмъ протравникъ осторожно вынимается и въ остающійся каналъ помѣщаютъ запаль—соломину или бумажную трубку, наполненную пороховою мякотью. Въ верхній конецъ запала вставляется сѣрная нитка такой длины, чтобы во время ея горѣнія рабочіе успѣли уйти отъ скважины въ безопасное мѣсто. Употребляя же запалами Бикфордовъ шнуръ или электрическіе провода, ихъ закрѣпляютъ въ пороховомъ патронѣ до погруженія его въ скважину; погруженный патронъ забивають пескомъ, а въ верхней части щебнемъ, утрамбовывая ихъ небольшими слоями. При плохой утрамбовкѣ взрывъ пороха сопровождается однимъ только выбрасываніемъ забоя.

Пользуясь целлулознымъ или студенистымъ динамитомъ, какъ не

боящимся воды, его можно погружать прямо въ скважину. Для достиженія лучшихъ результатовъ не слѣдуетъ допускать пустотъ между патронами, а для этого ихъ разминаютъ въ скважинѣ помощью деревяннаго шомпола. Для возможности такого разминанія динамитъ долженъ быть мягокъ и съ патроновъ должна быть снята бумажная оболочка. Совѣтуютъ для лучшаго уплотненія динамита патроны разрѣзать пополамъ. Сухую скважину можно такимъ же способомъ заряжать и кизельгурь-динамитомъ. Если же скважина сыра, а для ея заряженія употребляется кизельгурь-динамитъ, то патронъ желаемого діаметра нужно приготовить внѣ скважины, а затѣмъ погрузить его. Если взрывъ скважины производится не непосредственно за его заряженіемъ, то, во избѣжаніе отсырѣванія кизельгурь-динамита, патронъ надо смазать саломъ или смолою. На приготовленный зарядъ динамита опускается запальный патронъ съ пистонемъ. Послѣ этого дѣлается забойка скважины тонкими слоями песку. При динамитахъ, не боящихся воды, въ качествѣ забоя можно употреблять воду. Работая зимою, для заряженія скважинъ и приготовленія запальныхъ патроновъ динамитъ нужно оттаивать. Такое оттаиваніе можно производить различно. Если дневной расходъ динамита не превышаетъ 12 фунтовъ, то его можно оттаивать за ночь въ нежилой комнатѣ (пары нитроглицерина вредно дѣйствуютъ на людей), нагрѣтой до 16° R. Для такого оттаиванія патроны надо вынуть изъ ящика и разложить на столѣ или на полкахъ. Для предохраненія динамита отъ замерзанія въ теченіе рабочаго времени, его можно держать въ мѣшкахъ изъ двойного толстаго войлока или въ ящикахъ съ опилками, имѣющими температуру около 16° R. Въ подобныхъ ящикахъ можно произвести даже оттаиваніе динамита. При большемъ расходѣ динамита оттаиваніе производится въ специально приготовленныхъ жестяныхъ ящикахъ съ двойными стѣнками, между которыми наливается вода, нагрѣтая не свыше 60° C. Оттаиваніе производится не отдѣльными патронами, а цѣлыми коробками. Внутренняя часть прибора выстилается пропускною бумагою съ тою цѣлью, чтобы она впитывала капли нитроглицерина, могущія выступать изъ динамита. Бумага эта по мѣрѣ надобности сжигается и замѣняется новою. Приборъ обертывается снаружи войлокомъ и держится въ корзинкѣ, закрывающейся войлочною крышкою. Оттаиваніе производится на воздухѣ, во избѣжанія вреднаго вліянія паровъ нитрогли-

церна на рабочихъ. Подобный приборъ можетъ оттаивать въ $\frac{1}{4}$ часа коробку динамита.

Отдѣльные патроны можно оттаивать и предохранять отъ замерзанія въ карманахъ платья, за пазухою (но не на голомъ тѣлѣ).

Буреніе скважинъ. Буреніе скважинъ бываетъ ручное и машинное. Инструментами для ручнаго буренія служатъ *буръ* и *молотокъ*. Буръ представляетъ собою цилиндрической или восьмиугольной стержень (лучше квадратный съ притупленными ребрами), нижній конецъ котораго обдѣланъ въ видѣ долота.

Работа буренія производится двояко: 1) при помощи молотка и 2) однимъ только буромъ. Въ первомъ случаѣ работаетъ одинъ человѣкъ или двое (могутъ работать и трое, но это не представляетъ особыхъ выгодъ), а во второмъ, смотря по глубинѣ скважинъ, отъ одного до трехъ. Работая въ одиночку, рабочій лѣвою рукою держитъ буръ, а правую производитъ удары молоткомъ, послѣ каждаго удара буръ поворачивается на $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{16}$ оборота около его оси, чѣмъ и достигается цилиндрическая форма скважины. Если работаютъ двое, то одинъ рабочій держитъ буръ и его вращаетъ, а другой производитъ удары. Время отъ времени они мѣняются своими ролями. При работѣ безъ молотка удары производятся самимъ буромъ, поднимаемымъ на нѣкоторую высоту. Такъ какъ при этомъ способѣ работы необходимо имѣть направляющую для бура, то обыкновенно работать начинаютъ не съ поверхности, а со дна скважины, пробуренной уже при помощи молотка на глубину, соответствующую высотѣ подъема бура при ударахъ. Первый способъ буренія (съ молоткомъ) употребляется при буреніи неглубокихъ скважинъ, такъ футовъ до 5, второй же способъ для скважинъ глубокихъ.

Лучшими, наимыгоднѣйшими матеріалами для изготовленія буровъ и молотковъ служатъ литая сталь. Часто буры дѣлаютъ изъ желѣза, наваривая сталью только нижній конецъ (долото), но такой буръ служитъ хуже. Чтобы уменьшить изнашиваемость верхняго конца желѣзнаго бура, воспринимающаго удары молотка, полезно и его наваривать сталью. Лезвіе долота, съ цѣлью устраненія тренія стержня бура объ стѣнки скважинъ, дѣлается шире стержня бура въ отношеніи 10 : 6 или 10 : 7. Меньшее отношеніе избирается для буровъ, работающих въ твердыхъ грунтахъ, гдѣ легче могутъ отла-

мываться выступающие концы долота. Лезвие долота дѣлается прямолинейное (черт. 7) или слегка выпуклое (черт. 8) для твердыхъ грунтовъ и болѣе выпуклое для мягкихъ грунтовъ. Уголъ заостренія долота (черт. 9) дѣлается равнымъ около 70° . Иногда для твердыхъ грунтовъ употребляютъ *коронныя буры*, долото которыхъ имѣетъ 2 или 3 лезвія, пересѣкающихся въ центрѣ „короны“; буры эти не представляютъ, впрочемъ, особыхъ преимуществъ. По мѣрѣ углубленія скважины, для удобства работы, длина бура должна быть увеличиваема; это достигается замѣною короткаго бура болѣе длиннымъ. Лезвие долота отъ постоянного тренія о стѣнки скважины постепенно срабатывается, что и выражается въ его укороченіи. вмѣстѣ съ укороченіемъ лезвія уменьшается и діаметръ выбуриваемой скважины. Степень укороченія лезвія зависитъ отъ твердости скалы, матеріала бура, продолжительности работы, а слѣдовательно и отъ пройденнаго буромъ пути. Замѣняя короткій буръ болѣе длиннымъ, приходится поэтому принимать во вниманіе и изнашиваемость лезвія, а именно: брать болѣе длинные буры съ болѣе короткимъ лезвіемъ долота. Въ виду этихъ обстоятельствъ, для буренія скважинъ того или иного діаметра приготавливаются наборы буровъ съ постепенно возрастающею длиною стержня и уменьшающеюся длиною лезвія. Длина лезвій смѣжныхъ №№ буровъ уменьшается на 0,12—0,18. Въ одномъ наборѣ бываетъ 3—4 бура. Абсолютныя размѣры *) длинны буровъ при работѣ съ молоткомъ колеблются въ такихъ предѣлахъ:

	Для одного рабочаго.	Для двухъ рабочихъ.
№ 1—короткій	238—433 мм. (9"—16")	357—673 мм. (14"—26")
№ 2—средній	428—721 „ (9—28)	714—1009 „ (28—40)
№ 3—длинный	666—865 „ (24—32)	1000—1154 „ (40—45)

Наименьшая толщина стержня бура 15 мм. ($\frac{1}{2}$ "), а потому наименьшій діаметръ скважины $\frac{15}{0.7}$ мм. = около 21 мм. ($\frac{3}{4}$ **) **).

При работѣ съ молотками и одиночныхъ рабочихъ невыгодно дѣлать діаметръ скважины болѣе 30 мм. ($1\frac{3}{16}$ "), а при работѣ двухъ рабочихъ—42 мм. ($1\frac{5}{8}$).

*) Приводимые размѣры выработаны обширною иностранною практикою.

***) 0,7 есть отношеніе діаметра стержня къ длинѣ лезвія, равной діаметру скважины.

Вѣсъ молотковъ зависитъ отъ того, работаетъ ли одинъ рабочій или два, а также отъ рода ручки, а именно:

Для одного рабочаго при неупругой ручкѣ длиною 250 мм. вѣсъ молотка бываетъ 1—2 kg. ($2\frac{1}{2}$ —5 фунт.).

Для одного рабочаго при упругой ручкѣ длиною 250 мм. вѣсъ молотка бываетъ 0,8 (2 фунт.).

Для двухъ рабочихъ при неупругой ручкѣ длиною 600—700 мм. вѣсъ молотка бываетъ 3,5—4,5 (8,5—11 фунт.).

Наивыгоднѣйшая форма молотка показана на черт. 10.

Длина буровъ при работѣ безъ молотка измѣняется въ предѣлахъ 1.2—10 метр. ($4'$ — $35'$). Діаметръ скважинъ можетъ быть доведенъ до 75 мм., однако, выгоднѣе для помѣщенія большихъ зарядовъ, вмѣсто того чтобы бурить скважины большаго діаметра, уширять ихъ только въ нижней части, т. е. образовывать такъ называемый *мѣшокъ*. Образование мѣшка достигается различными способами: 1) Разрушеніемъ известковыхъ породъ соляною кислотою, 2) особыми расширительными инструментами и 3) взрывами небольшихъ патроновъ динамита. Послѣднее является наивыгоднѣйшимъ.

Буръ отъ работы постепенно разогрѣвается и отъ того скорѣе тупится. Съ цѣлью охлажденія бура, въ скважину наливается вода. Камень разбивается буромъ въ мелкій порошокъ—*муку*, которая, будучи въ избыткѣ, ослабляетъ работу бура, почему ее приходится время отъ времени вычерпывать помощью *ложки*. Ложка состоитъ изъ тонкаго желѣзнаго стержня, къ нижнему концу котораго прикрѣпляется металлическій кружочекъ, а верхній снабженъ ушкомъ для вкладыванія въ него тряпки, помощью которой скважина можетъ быть вытерта. Вода облегчаетъ удаленіе муки и устраняетъ пыль. Буры постепенно тупятся, для успѣшности же работы они должны быть достаточно остры, а потому время отъ времени приходится ихъ острить.

При буреніи скважинъ бывають слѣдующія ошибки: 1) ось скважины бываетъ искривлена, особенно если она не вертикальна. Эта ошибка чаще встрѣчается у неопытныхъ рабочихъ и при употребленіи бура съ прямолинейнымъ остриемъ, 2) въ сѣченіи скважина имѣетъ не круглую форму, а форму треугольника, стороны котораго описаны радіусами, равными длинѣ острія бура (черт. 11). Это происходитъ отъ несоотвѣтствія угла поворота бура при каждомъ ударѣ твердости камня и силѣ удара.

Ручное буреніе идетъ сравнительно медленно и обходится довольно дорого, а потому уже съ давнихъ поръ пытались замѣнить его машиннымъ. Въ настоящее время имѣется нѣсколько системъ бурильныхъ машинъ, которыя по роду двигателя раздѣляются на ручныя, т. е. приводимыя въ движеніе рабочими, и на приводимыя въ движеніе сжатымъ воздухомъ или водою, а по способу работы—на ударныя и сверлильныя. Последнія являются вообще болѣе экономичными.

Бурильныя машины нашли широкое примѣненіе въ тоннельномъ дѣлѣ, какъ за границею, такъ и у насъ, что-же касается работъ въ открытыхъ выемкахъ, то хотя для нихъ и построено нѣсколько типовъ бурильныхъ машинъ, но онѣ не вошли въ употребленіе даже и за границею. Объясняется это частью экономическими соображеніями, частью особенностью условій работъ въ открытыхъ выемкахъ.

Въ виду этого въ настоящей статьѣ мы можемъ вовсе не касаться вопроса о машинномъ буреніи.

Расположеніе скважинъ и опредѣленіе величины зарядовъ. Буреніе скважинъ является наиболѣе дорогою частью взрывныхъ работъ (50—75%, смотря по твердости скалы), а потому, въ видахъ пониженія стоимости этихъ послѣднихъ, необходимо слѣдить за тѣмъ, чтобы положеніе и глубина отдѣльныхъ скважинъ, а равно разстояніе между ними были наивыгоднѣйшими, т. е. чтобы взрывъ такихъ скважинъ разрушалъ наибольшее количество камня.

Что касается величины зарядовъ, то она должна быть строго собразована съ твердостью породы, должна быть достаточна лишь для разрушенія скалы и не на столько велика чтобы куски разорвавшегося камня разлетались далеко въ стороны.

Наилучшіе результаты взрыва получаются въ томъ случаѣ, когда взрываемый камень открытъ со всѣхъ сторонъ и зарядъ располагается въ центрѣ его.

При взрывѣ сплошныхъ скалъ лучшіе результаты получаются въ томъ случаѣ, когда слой камня открытъ сверху и сбоку, вообще, съ двухъ сторонъ. Относительно расположенія скважинъ практикою выработались слѣдующія правила:

а) **Слой скалы открытъ сверху и сбоку.** Наивыгоднѣйшіе результаты взрыва получаются въ томъ случаѣ, если скважины расположены въ рядъ, параллельный ближайшей свободной поверхности скалы (черт. 12).

2) Буровыя скважины въ однородной породѣ слѣдуетъ проводить возможно болѣе вертикально; такъ какъ при этомъ облегчается самое буреніе, зарядженіе и забивка ихъ.

3) Глубина скважины t должна быть болѣе заложения w , т. е. кратчайшаго разстоянія дна скважины отъ свободной поверхности скалы. Величина отношенія $t:w$ зависитъ отъ твердости скалы и колеблется обыкновенно въ предѣлахъ $(1\frac{1}{2}-2):1$. Минимумомъ этого отношенія можетъ быть $1:1$, но ни въ какомъ случаѣ не должно допускать, чтобы t было меньше w .

4) Наивыгоднѣйшее отношеніе $t:w$ можно опредѣлить непосредственнымъ опытомъ. Задавшись какимъ-нибудь заложениемъ w , слѣдуетъ постепенно увеличивать глубину пробныхъ скважинъ до тѣхъ поръ, пока дѣйствіе заряда не перестанетъ доходить до устья скважины.

5) По найденному наивыгоднѣйшему отношенію $t:w = T:1$ можно опредѣлять глубины скважинъ и при иныхъ заложенияхъ, по формулѣ $t_1 = w_1 T$.

6) Разстояніе l между скважинами въ ряду не должно превышать $(1\frac{1}{4}-1\frac{1}{2}) w$ въ томъ случаѣ, если воспламененіе зарядовъ производится послѣдовательное, и можетъ быть доводимо до $2 w$ при одновременномъ взрывѣ цѣлаго ряда скважинъ. Отсюда можно заключить о выгодности электрическаго воспламененія зарядовъ.

7) Высота заряда h ни въ какомъ случаѣ не должна превышать $\frac{t}{2}$ — половины глубины скважины, лучше же ограничиваться высотой $h = \frac{t}{3}$.

8) Высота забоя v (при динамитѣ) можетъ быть равна высотѣ заряда h , однако, лучше дѣлать ее нѣсколько больше. Высота $v > 1\frac{1}{2} h$ является излишнею.

9) Діаметръ скважины можетъ быть опредѣляемъ по объему заряда и допускаемой его высотѣ h .

При этомъ слѣдуетъ принимать во вниманіе уменьшеніе діаметра скважины отъ изнашиванія бура. Если потребный діаметръ выходитъ слишкомъ большимъ, то для помѣщенія заряда слѣдуетъ прибѣгать къ образованію мѣшка.

10) При употребленіи пороха вѣса зарядовъ P, P_1 можно при-

нимать пропорциональными кубамъ заложений w и w_1 , т. е.:

$$P : P_1 = w^3 : w_1^3.$$

Если опредѣлить для данной породы величину минимальнаго (наивыгоднѣйшаго) заряда P_1 при $w_1 = 1$ метру, то по формулѣ

$$P = P_1 w^3$$

можно вычислить вѣсъ нужнаго заряда при заложении w .

11) Формула эта, довольно вѣрная для пороха, требует нѣкоторой поправки при работѣ динамитомъ, такъ какъ вычисленныя по ней величины P для большихъ w получаютъ излишне большими. Поправка эта можетъ быть получена слѣдующимъ путемъ.

Положимъ, что при $w_1 = 1$ метру наивыгоднѣйшій вѣсъ заряда опредѣлился въ 0,5 килогр., а при $w = 6$ метр. наивыгоднѣйшій вѣсъ заряда опредѣлился въ 29 килогр.

Въ такомъ случаѣ для вѣрности формулы

$$P = P_1 w^3$$

необходимо, чтобы при $w_1 = 1$ метру

$$P_1 = 0,5 \text{ килогр.}$$

а при $w = 6$ метр.

$$P_1 = \frac{29}{6^3} = 0,134 \text{ килогр.,}$$

т. е. чтобы P_1 измѣнялось въ зависимости отъ w . Допуская, что P_1 измѣняется прямо пропорціонально возрастанію w , величина этого измѣненія должна быть равна

$$\frac{0,5 - 0,134}{6 - 1} = \frac{0,366}{5} = 0,073 \text{ килогр. на каждый метръ;}$$

при этомъ для

$$w = 2 \text{ метр. } P_1 = 0,5 - 1 \times 0,073 = 0,427$$

$$w = 3 \text{ „ } P_1 = 0,5 - 2 \times 0,073 = 0,354$$

$$w = 4 \text{ „ } P_1 = 0,5 - 3 \times 0,073 = 0,280$$

$$w = 5 \text{ „ } P_1 = 0,5 - 4 \times 0,073 = 0,207$$

$$w = 6 \text{ „ } P_1 = 0,5 - 5 \times 0,073 = 0,134$$

Пользуясь исправленными величинами P_1 , не трудно по формулѣ $P = P_1 w^3$ вычислить болѣе вѣрные вѣса зарядовъ, а именно: при

$w = 1$	метр.	. . . . .	$P = 0,500$	килогр.	
$w = 2$	„	. . . . .	$P = 3,416$	„	вмѣсто 4,00 килогр.
$w = 3$	„	. . . . .	$P = 9,558$	„	„ 13,50 „
$w = 4$	„	. . . . .	$P = 17,920$	„	„ 32,00 „
$w = 5$	„	. . . . .	$P = 25,875$	„	„ 62,50 „
$w = 6$	„	. . . . .	$P = 29,000$	„	„ 108,00 „

12) При опредѣленіи глубины слѣдуетъ также сообразовываться съ внѣшнимъ видомъ свободной поверхности скалы, такъ напр. если скала имѣетъ уступъ, подобный показанному на черт. 13, то можно глубину скважины не доводить до линіи ab въ томъ разчетѣ, что скала *можетъ* разорваться по линіи cb , не смотря на кратчайшее направленіе cd , какъ это и случается въ дѣйствительности. При благоприятныхъ же условіяхъ разрушеніе можетъ послѣдовать по линіи esc . При отсутствіи всякихъ уступовъ или впадинъ въ боковой поверхности скалы выгоднѣе возможно болѣе увеличивать глубину скважинъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ и ихъ заложеніе.

13) При избраніи размѣровъ скважинъ и ихъ заложенія слѣдуетъ принимать въ соображеніе встрѣчающіяся въ свободной боковой поверхности скалы впадины, съ цѣлью увеличенія эффекта взрыва. Если напр. въ скалѣ имѣется впадина abc (черт. 14), то при заложеніи скважины w , превышающемъ обычное (0,5—0,66) t , можно достигнуть взрыва большей массы камня, если скала разорвется по болѣе короткому разстоянію w_1 между вершиною впадины и дномъ скважины. Для послѣдняго же необходимо, чтобы между t , w_1 и величиною заряда было соблюдено необходимое соотношеніе.

14) Въ виду выгоды естественныхъ впадинъ бываетъ полезно образовывать ихъ искусственно. Дѣлается это при помощи вспомогательныхъ буровыхъ скважинъ ab , cd (черт. 15), располагаемыхъ приблизительно подъ угломъ въ 45° къ свободной поверхности скалы и имѣющихъ глубину 18—24 дюйма.

15) При разработкѣ каменноломень съ выгодою можно примѣнять слѣдующій способъ: у подошвы вертикальной стѣнки скалы выбирается рядъ длинныхъ (до 3 саж.) ходовъ ab , ab (шириною

до $1\frac{1}{2}$ саж., высотой до 2-х арш.) въ глубь скалы, а затѣмъ ходы эти соединяются между собою двумя или одною галлереею cd , cd (черт. 16). Вслѣдствіе выборки этихъ ходовъ и корридоровъ пласть скалы оказывается поддерживаемымъ только рядами болѣе или менѣе толстыхъ столбовъ. Затѣмъ въ столбахъ этихъ выбуриваются скважины и всѣ столбы одновременно взрываются. Масса скалы, теряя опору снизу, падаетъ и, смотря по строенію породы, разбивается на куски большей или меньшей величины. При этомъ способѣ главная масса скалы почти не подвергается дѣйствию взрывовъ, а потому камень вполне пригоденъ для кладки. Этотъ способъ съ успѣхомъ примѣняется въ ломкахъ известняка въ Рюдерсдорфѣ близъ Берлина, гдѣ камень разрабатывается на штучный и бутъ, а равно и для обжига извести.

16) Въ породахъ слоистыхъ или раздѣленныхъ трещинами, разрушеніе главнымъ образомъ направляется по этимъ трещинамъ или по постелямъ смежныхъ слоевъ. Въ такихъ случаяхъ производимый взрывомъ разрывъ обыкновенно идетъ отъ дна скважины къ ближайшей трещинѣ или прослойку. Этимъ обстоятельствомъ пользуются для увеличенія взрываемай массы камня. Такъ напр., въ скалѣ, показанной на черт. 17, скважину ab выгоднѣе удалить отъ свободной поверхности ad болѣе, чѣмъ на $(0,5—0,66) t$, направить ее нормально къ слою, но не доводить дна ея до трещины dc . Разрывъ произойдетъ по линіи bf и оторванная масса будетъ больше, чѣмъ при иномъ положеніи скважины.

17) Если порода тонкослойная, то, при нормальномъ направленіи скважины, послѣдняя будетъ пересѣкаться цѣлымъ рядомъ трещинъ и прослойковъ, въ которые и могутъ уходить образующіеся при взрывѣ газы, не разрушая породы. Въ этихъ случаяхъ выгоднѣе бываетъ бурить скважины наклонно и даже параллельно слоеватости, только не по слабымъ прослойкамъ. Разрывъ ограничивается кратчайшимъ растояніемъ отъ дна скважины до ближайшихъ прослойковъ по ту и другую сторону (черт. 18).

б) **Слой скалы открытъ только сбоку.** Подобный случай встрѣчается главнымъ образомъ въ тоннеляхъ, въ открытыхъ же выемкахъ онъ встрѣчается гораздо рѣже, а потому здѣсь мы можемъ ограничиться только краткими замѣчаніями.

1) Если пласть скалы открытъ только съ боковой стороны, то

скважины слѣдуетъ располагать не нормально къ свободной поверхности слоя, а подь угломъ приблизительно въ 45° къ этой нормали.

2) Глубину скважины слѣдуетъ избирать съ такимъ расчетомъ, чтобы перпендикуляръ, возставленный къ направленію скважины у дна ея, пересѣкалъ свободную поверхность разработки, а не выходилъ изъ ея очертанія (черт. 19).

3) Работу слѣдуетъ начинать съ такимъ расчетомъ, чтобы оторванные камни могли сами падать на дно разработки и не нуждались бы въ тратѣ работы на ихъ сбрасываніе. Поэтому въ одномъ случаѣ приходится начинать работу сверху, въ другомъ снизу, справа или слѣва, какъ показано на чертежахъ 20 и 21.

При глубокихъ скважинахъ и большихъ ихъ заложеніяхъ отрываемыя массы камня бываютъ вообще велики и зачастую, для возможности удаленія ихъ въ сторону, нуждаются въ дальнѣйшемъ раздробленіи. Такое раздробленіе производится тѣми же взрывчатыми веществами, для чего въ отдѣльныхъ глыбахъ камня выбуриваются сравнительно тонкія скважины.

Мины. При производствѣ земляныхъ работъ мины могутъ быть употребляемы исключительно съ цѣлію нарушенія внутренней связи или нѣкотораго разрыхленія грунта, трудно поддающагося разработкѣ ударными инструментами.

Успѣшность примѣненія подобныхъ минъ въ значительной степени зависитъ отъ мѣстныхъ условій и особенностей строения даннаго грунта, а потому при неблагоприятныхъ условіяхъ расходъ на устройство и взрывъ такихъ минъ можетъ оказаться непроизводительнымъ. Происходящая отсюда неувѣренность въ результатѣ работы и сопряженный съ нею рискъ убытковъ, вѣроятно, и служатъ причинами весьма малаго распространенія минъ при производствѣ земляныхъ работъ. Ввиду этого, практикою миннаго дѣла въ интересующемъ насъ направленіи не выработались еще правила рациональнаго расположенія минъ, способа опредѣленія величины зарядовъ и т. д. При такихъ условіяхъ намъ приходится ограничиться приведеніемъ только примѣра удачнаго примѣненія минъ къ разрыхленію грунта.

При постройкѣ горнаго участка Вестфальской желѣзной дороги, для образованія одной длинной насыпи высотой 44 метра матеріаль приходилось брать изъ близъ лежавшей мергелистой горы, ограни-

ченной довольно высокимъ и крутымъ откосомъ. Разработка этого откоса начата была на нѣсколькихъ уровняхъ, однако, верхніе рабочіе, вслѣдствіе болѣе дальней отвозки, не успѣвали за нижними, а потому общій откосъ разработки становился все круче и круче и продолжать работу становилось уже опаснымъ. Тогда явилась мысль облегчить разработку разрыхленіемъ грунта помощью мины. Съ этою цѣлью вглубь откоса была проведена галлерейя длиною 19 метр., высотой 1,25 метр. и шириною 0,94 метра, а отъ конца ея въ обѣ стороны, параллельно длинѣ разработки, двѣ другія галлерейи того же сѣченія, длиною по 22 метра каждая. Въ концахъ этихъ послѣднихъ были расположены камеры, діаметромъ 2,2 метра, въ которыхъ было помѣщено по 200 килогр. пороху. Для сообщенія огня пороху было проложено по 3 шнура. Послѣ заряженія, камеры были заложены камнемъ, а галлерейи заполнены землею и навозомъ. Воспламененіе минъ было произведено одновременно. Взрывъ сопровождался поднятіемъ и сотрясеніемъ грунта на протяженіи всего 950 метр. Количество непосредственно разрушеннаго грунта едва достигло 45 куб. метр. и попытка считалась уже неудавшеюся; но вотъ на 14-й день послѣ взрыва на внѣшней поверхности откоса показались трещины, онъ сталъ рыхлѣть, обсыпаться и передъ нимъ образовалась цѣлая осыпь. Изъ этой осыпи стали возить матеріалъ на насыпь, осыпь же постоянно пополнялась новыми количествами осыпавшагося грунта. Въ концѣ концовъ оказалось, что взрывъ мины далъ 90.000 куб. метр. совершенно разрыхленнаго матеріала. Мина обошлась въ 180 талеровъ или около 170 руб. металл., что соотвѣтствуетъ 2 коп. на 1 куб. саж. разрыхленнаго грунта.

Послѣ этого перваго опыта съ такимъ же успѣхомъ примѣнялись мины и на остальномъ протяженіи той же разработки.

На австрійскихъ горныхъ дорогахъ подобныя мины давали такіе же прекрасные результаты. Подобныя же мины съ пользою употребляются и для разработки мягкихъ скалистыхъ грунтовъ, испещренныхъ трещинами, заполненными глиною или другими грунтами. Въ этомъ случаѣ рекомендуется располагать рядъ минъ, на разстояніи около 30 метр. одну отъ другой. Сѣченіе минъ можно доводить до 63×55 сант. Длина первой галлерейи дѣлается до 3,75 метр., а второй, наклоненной*) къ первой подъ угломъ около 90° — 1,75 2,00 метра,

*) Изгибъ галлерей дѣлается съ тою цѣлью, чтобы взрывъ мины не могъ выбить забоя.

въ концѣ которой и располагается зарядъ пороха въ 12—25 килогр., или соотвѣтственное количество динамита. Въ мѣловыхъ скалахъ каждая подобная мина даетъ 140—180 куб. метр. мелко разрушеннаго камня. Въ породахъ болѣе крѣпкихъ употребленіе минъ не представляетъ особенныхъ выгодъ.

В. Разработка грунтовъ при помощи ударныхъ инструментовъ.

При помощи ударныхъ инструментовъ можно разработывать слѣдующіе грунты: мягкіе скалистые, скалистые тонкослойные, скалистые разрушенные (впрочемъ, для раздробленія отдѣльныхъ глыбъ камня употребляются взрывчатые вещества), щебенистые, сухіе глинистые.

Инструментами для такой разработки служатъ кирки, мотыги, ломы и клинья съ молотами.

Кирки имѣютъ видъ заостреннаго молотка. Размѣры и вѣсъ кирокъ сообразуются съ твердостью породы. Наиболѣе тяжелыя двустороннія кирки показаны на чертежѣ 22, а легкія одностороннія— на черт. 23. Вѣсъ ихъ колеблется въ предѣлахъ 15—4 фунт. Тяжелыя кирки употребляются для разработки сплошнаго мягкаго скалистаго грунта, среднія и легкія—для грунтовъ щебенистыхъ, скалистыхъ разрушенныхъ (для разработки породы, заполняющей промежутокъ между камнями).

Мотыгой называется видоизмѣненіе кирки, заключающееся въ томъ, что вмѣсто острія мотыга снабжена острымъ ребромъ, направленнымъ перпендикулярно къ направленію ручки (черт. 24). Мотыги дѣлаются одно и двустороннія и употребляются главнымъ образомъ для разработки глинистыхъ грунтовъ и наиболѣе мелкослойныхъ скалистыхъ.

Весьма удобнымъ инструментомъ является комбинація кирки и мотыги, показанная на чертежѣ 25.

Ломомъ называется стержень, нижній конецъ котораго заостренъ или отдѣланъ ребромъ (расплющенъ) (черт. 26). Остроконечные ломы употребляются для тѣхъ же грунтовъ, что и кирки, ломы расплющенные употребляются главнымъ образомъ для ломки слоистой породы, причемъ ими дѣйствуютъ, какъ рычагами, загоняя ихъ подъ

выламываемый слой. Для удобства работы конец таких ломов иногда загибается. Ломы дѣлаются иногда двуконечные, причемъ одинъ конецъ плоскій, другой заостренный. Всѣ ломовъ отъ 10 до 30 фунтовъ.

Клинья металлические, обыкновенно квадратнаго сѣченія, заостренные или расплющенные, служатъ для раскалыванія слоевъ камня по опредѣленному направленію. Для этого сперва протесывается киркою неглубокая канавка или *дорожка*, въ нее загоняють клинья, по которымъ и бьютъ сразу нѣсколькими молотами. Если связь между слоями породы велика, то клинья забивають и въ промежутокъ между ними. При выломкѣ штучныхъ камней между клиньями и стѣнками дорожки закладываются желѣзные пластинки (черт. 27).

Лучшимъ матеріаломъ для ударныхъ инструментовъ является литая сталь. Однако, въ настоящее время чаще пользуются еще желѣзными ломами и кирками, только наваренными сталью.

Клинья деревянные — это заостренные обрубки (черт. 28), длиною до 0,50 саж., а толщиною—4—6 вершк., иногда снабжаемые *бугелемъ*, и *башмакомъ* предохраняющими клинь отъ раскалыванія. Клинья располагаются цѣлымъ рядомъ вдоль вертикальныхъ (высокою до 2 саж.) обрывовъ песчаноглинистаго грунта*), на разстояніи 1½—2 арш. одинъ отъ другаго и загоняются въ грунтъ ударами деревянныхъ же молотковъ (*барсовъ*). Клинья откалываютъ цѣлый слой грунта, который падая и разбивается на сравнительно мелкіе куски. Пользуясь клиньями, иногда работаютъ еще *подкопомъ*, т. е. въ вертикальной стѣнѣ, у ея основанія, дѣлають сперва нѣкоторое углубленіе, а затѣмъ уже откалываютъ верхнюю часть при помощи клиньевъ. Работа подкопомъ при большой высотѣ откоса, особенно въ сырую погоду, сопряжена съ опасностью самообрушенія грунта, могущаго повлечь за собою несчастные случаи съ рабочими.

С. Разработка лопатами.

Для грунтовъ мягкихъ, но обладающихъ нѣкоторою вязкостью, какъ напр. влажная растительная земля, мокрая глина и т. п., употребляютъ желѣзные лопаты прямоугольной (собственно трапецо-

*) Чистая глина, благодаря своей вязкости, плохо поддается такой разработкѣ.

идальной) формы, слегка изогнутыя какъ по направленію длины, такъ и ширины, съ цѣлью увеличенія ихъ жесткости (черт. 29 и 30). Лопата эта извѣстна подь названіемъ *садовой*. Размѣры ея колеблются въ предѣлахъ отъ $6 \times 9\frac{1}{2}''$ до $10 \times 12\frac{1}{2}''$.

Для рыхлыхъ, не слежавшихся грунтовъ, каковы песокъ, чура, чистый гравій (вообще балласть), употребляютъ иногда подобныя же лопаты, но съ загнутыми краями, позволяющими захватить за одинъ разъ бѣльшее количество грунта, который, благодаря закраинамъ, меньше обсыпается. Лопата эта называется *балластною* (черт. 31).

Для грунтовъ болѣе вязкихъ и плотныхъ, нуждающихся въ разрѣзаніи ихъ для возможности отдѣленія отъ остальной массы, употребляются лопаты остроконечныя (черт. 32 и 33), также изогнутыя по обоимъ направленіямъ для увеличенія ихъ жесткости. Лопаты эти имѣютъ различныя относительныя размѣры. Чѣмъ труднѣе грунтъ, тѣмъ уже и острѣе нужна лопата. Абсолютныя размѣры лопатъ колеблются между $7\frac{1}{2} \times 11''$ и $12 \times 14\frac{1}{2}''$. При употребленіи этихъ лопатъ приходится работать не только руками, но и ногою, а потому, чтобы лопата не рѣзала ноги, верхній ея край бываетъ отогнутъ. Площадка, на которую упирается нога рабочаго, называется *наступомъ*, а самая лопата—съ *наступомъ* или *заступомъ*. Названіе заступъ относится, впрочемъ, главнымъ образомъ къ тѣмъ лопатамъ, на нижнемъ концѣ палки которыхъ имѣется особая поперечина (черт. 34) для помѣщенія ноги.

Для плотныхъ и вязкихъ грунтовъ въ Россіи въ большомъ ходу такъ называемая *польская* лопата (черт. 35), деревянная съ желѣзнымъ наконечникомъ. Лопата эта въ разрѣзѣ имѣетъ клинообразную форму, достаточно жестка, хорошо рѣжетъ грунтъ. Верхъ лопаты настолько толстъ, что на него удобно ставить ногу.

Для удобства работы палка, на которую насаживается лопата, бываетъ нѣсколько наклонена къ плоскости самой лопаты, что обыкновенно достигается соотвѣтственнымъ изгибомъ палки въ нижней ея части.

Соединяется лопата съ палкою нѣсколькими способами:

1) Лопата въ верхней части имѣетъ трубку (черт. 36), палка слегка заостривается, загоняется въ эту трубку и прибивается гвоздями. 2) Лопата снабжается одною или двумя стрѣлами (черт. 29—33), между которыми и зажимается палка. При первомъ способѣ,

въ случаѣ поломки палки, замѣна ея новою не представляетъ никакихъ затрудненій, про второй способъ сказать этого нельзя. Второй способъ скрѣпленія прочнѣе перваго. Обыкновенно по второму способу бывають укрѣплены лопаты, которыя поступаютъ въ продажу вмѣстѣ съ палками (англійскія).

Верхній конецъ палки бываетъ снабженъ *костылькомъ* (черт. 29, 31, 32) или *вырѣзною рукояткою* (черт. 30 и 33).

Лучшимъ матеріаломъ для выдѣлки лопать служитъ литая сталь. Стальные лопаты не такъ гнутся какъ желѣзные и дольше служатъ. Палки дѣлаются изъ ясеня, березы и другихъ крѣпкихъ породъ.

О степени трудности разработки грунтовъ помощью лопатъ и ударныхъ инструментовъ можно судить по слѣдующимъ приблизительнымъ даннымъ, заимствованнымъ изъ урочнаго положенія:

На отрывку 1 куб. саж. грунта въ твердомъ глѣ изъ рововъ шириною не менѣе 2 арш. требуются слѣдующія количества землекоповъ:

Для рыхлой сыпучей земли, отдѣляемой деревянными лопатами.	0,25
Для растительной, отдѣляемой желѣзнымъ заступомъ . . .	0,75
Для такой же земли, смѣшанной со щепою или щебнемъ . . .	1,00
Для глинистой, отдѣляемой заступомъ	1,25
Для плотной сланцеватой глины, отдѣляемой отчасти ломами и кирками	2,00
Для слежавшагося гравія, торфа съ корнями, отдѣляемыхъ отчасти ломами, кирками и топорами	3,00
Для отвердѣвшаго глинистаго грунта или щебенистой земли съ большимъ количествомъ валуновъ.	4,00
Для мерзлаго грунта, отдѣляемаго при помощи кирокъ и ломовъ	5,00
Для крѣпкаго каменистаго и щебенистаго грунтовъ, отдѣляемыхъ при помощи клиньевъ и молотовъ	6,00
Для мерзлаго грунта отдѣляемаго ломами, кирками и клиньями съ молотами.	7,00

Перемѣщеніе земли.

Если въ одномъ мѣстѣ строящейся дороги надо вырыть выемку, а въ другомъ возвести насыпь, то такая работа можетъ быть, вообще говоря, исполнена двояко:

1) Грунтъ, добытый изъ выемки, можетъ быть употребленъ на образованіе насыпи, для чего его надо будетъ перевезти по направленію строящейся дороги. Этотъ видъ перемѣщенія называется *продольною возкою*.

2) Грунтъ изъ выемки можетъ быть сваленъ въ кавальеръ, расположенный вдоль выемки, а матеріаль для насыпи взять изъ резерва, расположеннаго вдоль насыпи. Въ этомъ случаѣ приходится перемѣщать землю нормально къ направленію дороги; этотъ видъ перемѣщенія называется *поперечною возкою*.

Смотря по мѣстнымъ условіямъ, какъ кавальерамъ, такъ и резервамъ даютъ болѣе или менѣе правильную форму. Такъ, если кавальеры и резервы располагаются вдоль дороги, то они обыкновенно имѣютъ форму призмъ $pqrs$ такого приблизительно профиля, какой показанъ на чертежахъ 37 и 38.

Если кавальеры и резервы располагаются не вдоль выемокъ и насыпей, то на внѣшнюю форму ихъ не обращаютъ вниманія. Въ этомъ случаѣ какъ тѣ, такъ и другіе зачастую располагаются въ нѣсколькихъ ярусахъ.

Разстоянія продольнаго и поперечнаго перемѣщенія бываютъ вообще различны, но во всякомъ случаѣ поперечное перемѣщеніе бываетъ значительно короче, но обыкновенно не менѣе 3—4 саж. и совершается посредствомъ *возки* *). При еще меньшемъ разстояніи перемѣщеніе совершается простымъ перебрасываніемъ земли помощью лопать. Такъ, напр. если въ одномъ профилѣ встрѣчается и выемка и насыпь, то очень часто оказывается возможнымъ работать *въ перекидку*. Или, если земля изъ неглубокой выемки складывается у самой бровки откоса, то такая работа называется *работою на выметъ* **).

*) Въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ пользуются *переноскою* земли, но это слишкомъ невыгодный способъ перемѣщенія, а потому мы вовсе не будемъ его касаться.

***) Выраженіе *работа на выметъ* употребляется иногда и въ томъ случаѣ, если земля, получаемая изъ выемки, не идетъ въ насыпь, а какъ бы выкидывается за ненадобностью.

При продольной возкѣ, при разработкѣ и перемѣщеніи одного объема грунта получаютъ два полезныхъ объема земляныхъ работъ: одинъ объемъ выемки и одинъ объемъ насыпи, поэтому такія работы называются *двойными*. При поперечной возкѣ, при разработкѣ одного объема грунта получается всего одинъ только полезный объемъ земляныхъ работъ: или насыпи или выемки, почему такія работы называются *одиночными*.

Въ первомъ случаѣ стоимость двухъ единицъ объема работы опредѣляется стоимостью добычи одного объема грунта и перевозки его въ продольномъ направленіи; а во второмъ—стоимостью добычи двухъ единицъ объема и перевозки каждого изъ нихъ въ поперечномъ направленіи.

Относительная выгодность работъ при продольной и поперечной возкѣ, очевидно, опредѣляется разницею стоимостей добычи одного лишняго объема грунта и перевозки такого же объема въ продольномъ направленіи. Въ общемъ случаѣ двойныя работы представляютъ экономію въ общей стоимости до тѣхъ поръ пока цѣна одной только продольной возки не превышаетъ цѣны разработки лишняго куба земли.

Цѣна добычи зависитъ отъ рода грунта, а цѣна перевозки отъ рода двигателя, количества перемѣщаемого матеріала и дальности возки. Обстоятельства эти для разныхъ мѣстъ бывають весьма разнообразны, а потому задача объ избраніи того или другаго способа работъ не имѣетъ общаго рѣшенія.

Въ большинствѣ случаевъ вопросъ объ избраніи того или другаго способа производства работъ рѣшается сравнительною ихъ выгодностью; однако, кромѣ выгоды на избраніе приема работъ вліяють и иныя обстоятельства, каковы напр. слѣдующія: непригодность добываемаго изъ выемки грунта для образованія изъ него насыпи, невозможность перевозки земли по продольному направленію вслѣдствіе отсутствія мостовъ и т. п.

Не касаясь пока вопроса объ избраніи того или иного приема веденія работъ, познакомимся вообще со способами перевозки земли.

Двигателями при перевозкѣ земли могутъ быть люди, лошади, паровыя машины и собственный вѣсъ земли.

Земля для ея перемѣщенія нагружается въ тачки, опрокидывающіяся телѣжки, конныя телѣги и въ землевозные вагоны.

Движеніе рѣдко производится непосредственно по поверхности земли, обыкновенно же устраиваются пути деревянные или желѣзные.

Познакомимся съ каждымъ изъ пріемовъ возки въ отдѣльности.

Тачечная возка. Тачки являются самымъ простымъ приспособленіемъ для возки земли и обыкновенно изготовляются на мѣстѣ работъ самими землекопами. Конструкція тачки такова (черт. 39): двѣ ручки *ab*, длиною около $2\frac{1}{4}$ арш., скрѣпленныя между собою двумя распорками, такимъ образомъ располагаются одна относительно другой, что въ переднемъ концѣ разстояніе между ними равно 6—8 верш., а въ заднемъ—около $1\frac{1}{2}$ арш. Въ переднемъ концѣ ручекъ укрѣпляется чугунное колесо діаметромъ 5 — 7 верш.; ступица колеса дѣлается длинная, съ тѣмъ чтобы плоскость колеса не выходила изъ положенія нормальнаго къ оси вращенія.

Въ средней трети длины ручекъ къ нимъ прикрѣпляются ножки *cd*, связанныя одна съ другой насадкою *ef*; этою насадкою и колесомъ тачка стоитъ на землѣ. На ручкахъ располагается коробъ, или ящикъ вмѣстимостью 6 — 8 куб. ф., состоящій изъ пола и стѣнокъ; стѣнки ставятся наклонно, почему коробъ упирается къ верху (съ разваломъ). Стѣнки короба поддерживаются продолженіемъ ножекъ, которыя проходятъ сквозь ручки или обхватываютъ ихъ снаружи.

Лучшимъ матеріаломъ для ручекъ, ножекъ и стоекъ служатъ дубъ, береза; коробъ можно дѣлать изъ ольхи, осины и т. п. На ручки лучше брать стволы молодыхъ деревьевъ, а не бруски, выпиленные изъ досокъ такъ какъ такія ручки не такъ легки и меньше заносятъ руки.

Благодаря описанной конструкціи тачки, на колесо передается не весь грузъ нагруженной въ нее земли, а только нѣкоторая его часть, сообразно положенію центра его тяжести (между колесомъ и ножками), а потому рабочій, везущій тачку, долженъ не только преодолевать сопротивленіе движенію, но еще и нести нѣкоторую часть груза—что представляетъ одинъ изъ недостатковъ тачки, какъ перевозочнаго средства. При большой нагрузкѣ тачки къ концамъ ручекъ привязывается широкая лента—*лямка*, которую рабочій на-

дѣваетъ себѣ на плечи за голову и передаетъ такимъ образомъ часть нагрузки тачки себѣ на плечи, облегчая при этомъ руки.

Выгрузка тачекъ производится опрокидываніемъ ихъ впередъ, (а не въ сторону) вращеніемъ частью около оси колеса, частью около передняго ребра короба. Отъ неправильнаго расположенія земли въ коробѣ и неровностей пути, тачка, идущая на одномъ колесѣ, стремится опрокинуться то въ одну, то въ другую сторону и рабочему приходится удерживать ее въ устойчивомъ положеніи, поднимая то одну, то другую ручку. Это тѣмъ легче достигается, чѣмъ шире разставлены задніе концы ручекъ.

Ширина обода колеса бываетъ вообще не велика, около вершка, а потому производимое колесомъ давленіе вообще значительно и возить груженую тачку прямо по землѣ, если она не совершенно тверда, весьма трудно. Обыкновенно для возки или *катанья* тачекъ кладутъ *катальные доски*, толщиною $2-2\frac{1}{2}$ " , шириною не менѣе 5 верш. Подъ стыки досокъ полезно класть подкладки, а всю доску подбивать землею, чтобы она плотно лежала, не прогибалась подъ тачкою. Хвойныя породы не хороши для катальныхъ досокъ, такъ какъ въ нихъ легко пробивается колея, концы раскалываются, дерево занозится, однако у насъ онѣ главнымъ образомъ идутъ въ дѣло.

При неправильномъ ходѣ тачки колесо сходитъ съ катальныхъ досокъ. Для установки колеса на доску приходится поднимать его вращеніемъ всей тачки около насадки на ножкахъ, которая опирается при этомъ на катальную доску. Въ этомъ особенно выражается польза насадки: безъ нея давленіе всей тачки (при установкѣ колеса на доску) передавалась бы ножками непосредственно грунту, который бы, очевидно, легко подавался и ножки вязли бы въ немъ.

Выгоднѣе всего катальныя доски класть горизонтально, однако, очень часто ихъ приходится располагать по уклону. Подъемъ до $\frac{1}{24}$ мало ощутителенъ, а потому такой путь принимается за горизонтальный при расчетѣ возки. Съ возрастаніемъ подъема движеніе затрудняется, при подъемѣ свышю $\frac{1}{12}$ приходится ставить особыхъ рабочихъ *крючниковъ*, которые бы помогали втаскивать тачки. Крючники захватываютъ тачку крючкомъ, прикрѣпленнымъ къ лямкѣ, перекинутой черезъ плечо (черт. 40).

При такихъ условіяхъ, если тачку приходится поднимать на нѣкоторую высоту, то наивыгоднѣйшимъ образомъ задача рѣшится въ томъ случаѣ, если окажется возможнымъ подняться по уклону въ $\frac{1}{24}$, хотя бы для этого понадобилось значительно развить т. е. удлинить путь. Если такое развитіе пути по мѣстнымъ условіямъ оказывается неудобнымъ, то выгоднѣе возможно большую часть пути вести съ уклономъ въ $\frac{1}{24}$, а затѣмъ сдѣлать одинъ подъемъ въ $\frac{1}{12}$ или еще круче (до $\frac{1}{3}$ если подъемъ не длиненъ) и здѣсь поставить крючничковъ. Уклоны средніе между $\frac{1}{24}$ и $\frac{1}{12}$ невыгодны тѣмъ, что при полной нагрузкѣ тачки сильно утомляютъ рабочихъ, или же побуждаютъ недогружать тачку. Наивыгоднѣйшія условія возки оказываются въ томъ случаѣ, когда приходится груженныя тачки спускать подъ гору по уклону $\frac{1}{24}$, а поднимать порожнія.

Тачечная возка ведется артелями по 20—25 человекъ; для того чтобы артели не мѣшали одна другой, для каждой полезно устраивать отдѣльный *гонъ*, т. е. путь изъ катальныхъ досокъ. Если одинъ гонъ устраивается для двухъ артелей, то для обратной возки можно или вовсе не класть досокъ, если грунтъ достаточно плотенъ, или же вмѣсто цѣлаго пути пользоваться только разбѣдомъ на серединѣ гона. Въ мѣстѣ нагрузки тачекъ, къ главному продольному пути примыкаютъ поперечныя катальныя доски для каждой отдѣльной тачки или же нагрузка производится съ главнаго пути, при чемъ тачки ставятся въ рядъ.

Возчиками (*каталями*) и нагрузчиками (*навальщиками*) обыкновенно служатъ тѣже рабочіе, которые и копаютъ землю (*землекопы*) и только въ тѣхъ случаяхъ, когда грунтъ нуждается въ предварительномъ разрыхленіи его кирками или ломами, для нагрузки и возки тачекъ ставятъ особыхъ рабочихъ. При этомъ слѣдуетъ имѣть въ виду, что катаніе тачекъ требуетъ нѣкоторой сноровки, а потому успѣхъ работъ зависитъ отъ того, поставлены ли для возки простые чернорабочіе или же опытные землекопы, которые вмѣстѣ съ тѣмъ являются и опытными каталями*). Крючники выбираются изъ тѣхъ же землекоповъ, но менѣе сильные. На ихъ обязанности лежитъ также слѣдить за исправностью гона, посыпать пескомъ крутые подъемы въ сырую погоду или если перевозится мокрая глина.

*) Землекопами славится Юхновскій уѣздъ Смоленской губерніи.

Тачки выгружаются въ концѣ пути вплотную одна возлѣ другой. Образующіяся кучи разравниваются особыми рабочими, на обязанности которыхъ лежитъ и перекладка катальныхъ досокъ по мѣрѣ того какъ подвигается насыпь.

Тачечная возка, неизбѣжная при короткихъ перевозкахъ, дорожаетъ съ возрастаніемъ разстоянія. До 50 — 60 саж. пользование тачками можетъ быть еще выгоднымъ, переходя же 100 саж. тачечная возка становится прямо убыточною. На выгодность примѣненія тачекъ вліяетъ также и количество земляныхъ работъ. При малыхъ количествахъ перевозимой земли расходъ на обзаведеніе болѣе совершенными способами возки ложится слишкомъ большимъ процентомъ на кубъ работъ, а потому поневолѣ приходится довольствоваться тачками.

Ручныя опрокидывающіяся телѣжки у насъ въ Россіи почти не употребляются*), но тѣмъ не менѣе мы не можемъ обойти ихъ молчаніемъ, ввиду тѣхъ достоинствъ, которыми они обладаютъ. Конструкція телѣжки показана на черт. 41. Благодаря значительной высотѣ колесъ (1,10 метр.), телѣжка легка на ходу и удобно преодолеваетъ небольшія препятствія на пути. Центр тяжести груженого ящика располагается почти надъ самою осью, а потому рабочіе почти не испытываютъ никакого давленія со стороны нагруженной въ телѣжку земли и всѣ свои силы тратятъ только на преодоленіе сопротивленій движенію, конечно, если путь горизонталенъ, не имѣетъ подъема. Длина ящика бываетъ такова, что въ опрокинутомъ положеніи (черт. 42) полъ ящика наклоняется къ горизонту подъ угломъ въ 45° , при которомъ обезпечивается полное опорожненіе телѣжки. Емкость ящика равняется обыкновенно 0,50 куб. метр., что соотвѣтствуетъ 0,34 куб. метра земли и 0,28 куб. метра камня въ плотномъ тѣлѣ. Для катанія этихъ телѣжекъ ставятся по два рабочихъ, а на крутыхъ подъемахъ прибавляется третій. Ввиду значительной нагрузки колесъ, груженная телѣжка не можетъ ходить непосредственно по землѣ, а потому приходится устраивать путь изъ двухъ рядовъ досокъ, толщиною 3—5 дюйм. Путь втапливается въ землю и сверхъ того подъ стыки кладутся поперечины, не позволяющія доскамъ рас-

*) Намъ извѣстенъ одинъ только случай пользованія ими: при возведеніи дамбы у желѣзнодорожнаго моста въ Кіевѣ.

ходится. Выравнивание пути въ землю дѣлается съ цѣлью облегченія установки на путь тележки, соединенной съ ней. Однако, выводе дѣлать особое приспособленіе, препятствующее самому склону тележки, а именно: приближать къ доскамъ направляющія рейки, толщиной $2'' \times 2''$, расположенныя какъ между колесами тележки. При значительныхъ работахъ выгодно вмѣсто направляющихъ рейкъ пользоваться корытообразными или рудовыми желѣзными въ качествѣ рельса съ заградами. Такой рельсъ, препятствуя склону тележки, въ значительной степени облегчаетъ самое движеніе. На мѣстѣ нагрудки, въ концѣ пути, дѣлается сплошной досчатый настилъ-платформа, съ тою цѣлью чтобы тележка могла быть поварачиваема въ любомъ направленіи и подвозима къ любому мѣсту свалки. По мѣрѣ удлиненія насыпи платформа передвигается перекладкою заднихъ досокъ наперекъ. Движеніе производится одиночными тележками, а не артелями^{*)}, какъ при тачкахъ, а потому путь всегда долженъ быть свободенъ для движенія, другими словами, обратнаго движенія, по тому же пути допускать нельзя. Для обратнаго движенія можно вовсе не дѣлать пути, если насыпь не настолько рыхла, чтобы въ ней вязли колеса порожней тележки, въ противномъ случаѣ нуженъ особый путь, хотя бы на нѣкоторой части, и притомъ изъ болѣе толстыхъ досокъ.

По производимымъ заграничною опыталью оказывается, что одинъ человѣкъ, работая въ обыкновенной тачкѣ, въ состояніи перевезти въ день отъ 5 — 6 куб. метр. на разстояніе 160 метр., работая же вдвоемъ въ опрокидывающейся тележкѣ—15 и болѣе куб. метр. на тоже разстояніе, слѣдовательно, болѣе на 50—25%. Пользованіе тележками бываетъ выгодно при разстояніяхъ доходящихъ до 500—600 метр. (около 250—300 саж.).

При сравнительно высокой цѣнѣ тележекъ и путей, возможность примѣненія этого способа возки обуславливается количествомъ работъ.

Конная возка въ простыхъ тележкахъ. Съ увеличеніемъ дальности возки физическая сила двигателя пріобрѣтаетъ все большее и большее значеніе, разумность же этой силы отходить на задній

^{*)} Поэтому здѣсь примѣнима сдѣльная плата за перевозку, введеніе которой значительно отражается на скорости работъ.

планъ. Поэтому при большихъ разстояніяхъ перевозки слѣдуетъ замѣнять рабочихъ лошадьми и паровую машину. Силою лошади можно пользоваться для движенія отдѣльныхъ телѣгъ или небольшихъ поѣздовъ, составленныхъ изъ спеціальныхъ землевозныхъ вагоновъ *). Въ первомъ случаѣ пользуются или простыми грунтовыми дорогами (*временками*) или кладутъ деревянный путь (у насъ это почти не практикуется), во второмъ случаѣ нужна правильно устроенная временная желѣзная дорога. Сперва познакомимся съ конною возкою въ телѣгахъ.

Для возки земли можно пользоваться телѣгами всякаго типа, однако, отъ конструкціи телѣги зависитъ успѣхъ выгрузки. Чѣмъ совершеннѣе эта конструкція, тѣмъ меньше тратится времени на выгрузку, а слѣдовательно тѣмъ лучше эксплуатируется время работы лошади. Чѣмъ больше выгрузокъ въ теченіи дня, т. е. чѣмъ меньше разстояніе возки, тѣмъ чувствительнѣе вліяніе типа телѣги на успѣхъ и стоимость работы.

Телѣги бываютъ двуколесныя и четырехколесныя, пароконныя и одноконныя, однако первыя у насъ употребляются сравнительно рѣдко.

Изъ четырехколесныхъ телѣгъ наивыгоднѣйшимъ типомъ является *койка*, состоящая изъ ходовой части—*дрогъ* и *короба*—собственно койки, которая сравнительно легко можетъ быть опрокинута въ ту или другую сторону. Койка образуется изъ двухъ или трехъ криволинейныхъ дугъ, связанныхъ въ концахъ насадками и обшитыхъ тонкими досками. Длина койки бываетъ менѣе разстоянія между колесами на уровнѣ дрогъ, а потому выгружаемая земля колесъ не засыпаетъ. Менѣе удобна телѣга, *коробъ* которой образуется изъ пола, прикрѣпленнаго къ дрогамъ, и съемныхъ стѣнокъ. Для выгрузки такой телѣги нужно бываетъ снять одну изъ боковыхъ стѣнокъ; при этомъ земля засыпаетъ и колеса.

Въ двуколесныхъ телѣгахъ дѣлается съемною задняя стѣнка *короба*, а потому выгрузка производится назадъ.

Для успѣшности возки путь долженъ быть возможно ближе къ

*) Заграницею лошадь возить по двѣ сцѣпленныя телѣги, если движеніе производится по деревяному пути того же устройства, какъ для опрокидывающихся телѣжекъ.

горизонтальному, впрочемъ подъемъ въ $\frac{1}{50}$ не имѣетъ замѣтнаго вліянія на успѣхъ работы. Предѣльнымъ подъемомъ считается $\frac{1}{5}$. Вліяніе подъемовъ между $\frac{1}{50} - \frac{1}{30}$ и $\frac{1}{30} - \frac{1}{20}$ можетъ быть замѣнено эквивалентными удлиненіями горизонтальнаго пути на 25 — 50%, т. е., если нужно подниматься на протяженіи 100 саж. по уклону въ $\frac{1}{20}$, то это, въ смыслѣ трудности и производительности работы, эквивалентно пробѣгу по горизонтальному разстоянію на 150 саж. Для успѣшности работы выгоднѣе вести дорогу съ однообразнымъ уклономъ; если же это невозможно, то болѣе крупныя подъемы слѣдуетъ располагать на одномъ какомъ нибудь мѣстѣ пути и здѣсь припрягать лишнюю лошадь, хотя обыкновенно стараются заставить одну лошадь ввезти телѣгу при полномъ напряженіи ея силъ.

Возка телѣгъ по свѣже насыпанной насыпи, хотя и признается полезною въ смыслѣ достигаемаго при этомъ уплотненія земли, однако, она едва ли можетъ быть признана экономичною: такъ какъ излишне изнуряетъ и даже портитъ лошадей; колеса телѣгъ и ноги лошадей вязнутъ, въ насыпи образуются ухабы, сопротивленіе движенію измѣняется быстро и въ большихъ предѣлахъ, а это то и служитъ причиною утомленія и изнуренія лошади.

Для управленія лошадьми ставятъ по одному погонщику на двѣ—три телѣги; въ погонщики выбираются малосильныя рабочіе и подростки. При наемныхъ лошадяхъ (слѣдовательно при отсутствіи надобности покупать лошадей и телѣги) бываетъ выгодно переходить отъ тачечной возки къ конной уже при разстояніяхъ въ 50—70 саж. Наибольшій предѣлъ дальности возки земли въ телѣгахъ зависитъ отъ стоимости собственно разработки грунта (переходъ къ одиночнымъ работамъ) и отъ степени выгоды перехода къ другимъ, болѣе совершеннымъ способамъ перемѣщенія, обыкновенно же конною возкою при земляныхъ работахъ рѣдко когда приходится пользоваться при разстояніяхъ болѣе 400—500 саж.

Конная возка по временнымъ желѣзнымъ дорогамъ. Сопротивленіе движенію по временному желѣзному пути по крайней мѣрѣ разъ въ 6—8 менѣе, чѣмъ по грунтовой дорогѣ, а потому, при затратѣ одинаковой работы на передвиженіе, грузъ, перевозимый по дорогѣ желѣзной, въ нѣсколько разъ превосходитъ грузъ, перевозимый по дорогѣ грунтовой. Поэтому въ случаѣ пользованія желѣз-

ными дорогами для перевозки даннаго количества земли, является экономія на движущей силѣ, но зато возникаетъ новый расходъ на устройство пути и приобрѣтеніе подвижнаго состава. Очевидно, пользование желѣзными дорогами въ томъ только случаѣ можетъ быть выгоднымъ, если сумма экономія превышаетъ лишній расходъ, а это возможно только при большихъ сравнительно работахъ.

Сопротивленіе движенію по желѣзной дорогѣ чувствительно измѣняется при переходѣ отъ горизонтальнаго пути къ пути съ уклономъ. При спускѣ въ 0,01 вагоны могутъ скатываться подъ влияніемъ собственной только тяжести; при болѣе крутыхъ спускахъ вагоны приходится тормозить во избѣжаніе приобрѣтенія ими опасныхъ скоростей. При подъемахъ сопротивленіе движенію быстро возрастаетъ и легко превосходитъ сопротивленіе движенію по обыкновеннымъ дорогамъ.

Такимъ образомъ пользование сравнительно крутыми спусками не можетъ быть особенно выгоднымъ для движенія груженыхъ вагоновъ, обратный же подъемъ по нимъ вагоновъ порожнихъ можетъ быть даже убыточнымъ. Оказывается, напр., что спускъ груженыхъ и подъемъ порожнихъ вагоновъ по уклону 0,02 менѣе выгоденъ, чѣмъ движеніе ихъ по горизонтальному пути. Отсюда слѣдуетъ, что желѣзные пути для конной возки слѣдуетъ класть вообще съ малыми уклонами и притомъ подъемы допускать по возможности только для порожнихъ вагоновъ. Предѣломъ подъема для порожнихъ вагоновъ можно принять 0,03, но и то на короткихъ перегонахъ. Если бы по мѣстнымъ условіямъ оказалось необходимымъ пользоваться болѣе крутыми подъемами, то нужно припрягать лишнюю лошадь или уменьшать число поднимаемыхъ за одинъ разъ вагоновъ, но это вызываетъ потерю времени, а потому нежелательно.

Временныя желѣзныя дороги для конной возки, въ зависимости отъ ихъ конструкціи, можно подраздѣлить на три категоріи, которыя и рассмотримъ въ отдѣльности.

1) *Дороги изъ полосоваго желѣза.* На поперечины *ab* (черт. 43) въ соотвѣтственныя врубки укладываются продольные лежни *cc* и закрѣпляются помощью клиньевъ *dd*. На верхней поверхности лежней кладется полосовое желѣзо толщиною около $\frac{1}{2}$ дюйм., шириною 2—2 $\frac{1}{2}$ дюйм., и прибивается гвоздями, для пропуска которыхъ въ полосѣ просверливаются дыры. Колея (разстояніе между внутрен-

ними гранями желѣзныхъ полосъ) дѣлается широкая — 5 фут. или узкая: 2 — 3 фут. Поперечины изготовляются изъ круглаго лѣса, стесаннаго на одинъ — два канта или берутся пластинныя (дерево распиленное пополамъ). Разстояніе между поперечинами 3—3½ ф. Лежни отесываются на четыре канта. Лѣсъ берется еловый или иной, наиболѣе дешевый. Поперечины втапливаются совершенно въ землю или засыпаются ею до верху, для того чтобы онѣ не мѣшали проходу лошади между рельсами.

Устройство особыхъ стрѣлокъ и крестовинъ для дороги описаннаго типа не особенно удобно, а потому онѣ замѣняются поворотными рельсами:

1. на развѣтвленіи одинъ конецъ лежня съ желѣзною полосою (рельсъ) главнаго пути остается на мѣстѣ, а другой конецъ отодвигается до примыканія съ рельсомъ бокового пути.

2. на мѣстѣ крестовины лежень поварачивается около средней своей точки до примыканія его концовъ къ лежнямъ соотвѣтственныхъ путей.

2) *Дороги изъ рельсовъ обыкновеннаго типа* представляютъ то преимущество передъ вышеописанными, что онѣ не нуждаются въ продолжныхъ лежняхъ, будучи достаточно жесткими для того, чтобы держаться на однѣхъ поперечинахъ. Рельсы эти лучше сохраняются и могутъ служить долгое время. При постройкѣ желѣзныхъ дорогъ обыкновенно для временныхъ путей употребляютъ рельсы, скрѣпленія и шпалы, назначаемыя для постоянного пути. Конечно это весьма выгодно: при этомъ устраняется надобность въ большомъ накладномъ расходѣ, но одобрять этого нельзя: вслѣдствіе неизбѣжно дурнаго состоянія временнаго пути, рельсы получаютъ постоянные прогибы, концы ихъ расплющиваются, шпалы страдаютъ отъ перешивки пути, схода съ рельсовъ вагоновъ, загниваютъ вслѣдствіе дурнаго или полнаго отсутствія отвода отъ нихъ воды. Порча рельсовъ находится въ тѣсной зависимости отъ нагрузки вагоновъ и можетъ быть значительно уменьшена употребленіемъ вагончиковъ съ малою нагрузкою. При пользованіи же этими вагончиками можно довольствоваться меньшею шириною пути и болѣе легкими и короткими поперечинами. При укладкѣ такого пути можно сократить число забиваемыхъ костылей и употребляемыхъ болтовъ. Стрѣлки и крестовины укладываются при этомъ обыкновеннаго типа.

3) *Переносныя дороги.* Въ послѣднее время стали входить въ употребленіе легкія желѣзныя дороги, составляемыя изъ отдѣльныхъ звеньевъ пути длиною до 5 метр. Каждое звено состоитъ изъ пары рельсовъ съ прикрѣпленными къ нимъ желѣзными же поперечинами. Всѣ звена не превышаетъ силы 1 — 2 рабочихъ, а потому допускаетъ удобную ихъ переноску съ мѣста на мѣсто. Всѣ рельса 4—7 килогр. на погонный метръ. Ширина пути дѣлается 0,4; 0,5; 0,6 метр. Желѣзныя поперечины могутъ быть замѣнены досками. Отдѣльныя звенья скрѣпляются между собою помощью накладокъ и болтовъ. Сравнительная дешевизна этихъ дорогъ, легкоподвижность, примѣнимость ко всевозможнаго рода перевозкамъ дѣлаютъ ихъ весьма выгоднымъ средствомъ передвиженія, а потому пользованіе ими быстро расширяется.

Подвижной составъ. Пользованіе рельсами вызываетъ необходимость употребленія спеціальнаго подвижнаго состава, колеса котораго должны быть снабжены ребордами (черт. 44), удерживающими ихъ на рельсахъ. Для конной возки земли по дорогамъ нормальной колеи (5') можно пользоваться платформами (съ откидными бортами) постоянныхъ желѣзныхъ дорогъ, но выгоднѣе имѣть спеціальныя землевозныя вагоны. Послѣдніе дѣлаются двухъ типовъ: съ неподвижнымъ кузовомъ (ящикомъ) и откидными бортами, или же опрокидывающіеся на сторону или назадъ; болѣе легкіе, вмѣстимостью 0,2 — 0,33 куб. саж.

Вагоны съ неподвижными кузовами имѣютъ то неудобство, что съ открытіемъ борта (выгрузка большею частью производится съ одной только стороны) высыпается только часть нагруженной земли, остальную же нужно сбрасывать лопатами. Это, очевидно, крайне неудобно: на мѣстѣ выгрузки нужно имѣть много рабочихъ и тратить силу и время.

Опрокидывающимися вагонами называются такіе, кузовъ которыхъ можетъ вращаться около горизонтальной оси настолько, что полъ его наклоняется къ горизонту подъ угломъ въ 30 — 40°, достаточнымъ для того, чтобы земля высыпалась сама безъ посторонней помощи. Вагоны, опрокидывающіеся въ сторону (черт. 45), употребляются въ томъ случаѣ, когда перевозимая ими земля идетъ на уширеніе насыпи; опрокидывающіеся же назадъ (черт. 46) — для удлиненія насыпи. Послѣдняго типа вагоны нужно выгружать по одиночкѣ, ва-

гоны же перваго типа—сразу всѣмъ поѣздомъ, а потому послѣдніе употребляются чаще. Есть особый типъ вагона, приспособленный для опрокидыванія въ сторону и на бокъ, но онъ сравнительно сложенъ.

Смотря по емкости вагона и профилю пути, одна лошадь можетъ везти 1—2 вагона. Запряжка двухъ лошадей не вполне удобна: между рельсами мало мѣста для двухъ лошадей, запряженныхъ рядомъ.

Для дорогъ узкоколейныхъ изготовляется специальный подвижной составъ, обыкновенно съ опрокидывающимися кузовами. Наиболее выгоднѣйшею формою кузова для такихъ вагончиковъ является корытообразная. На черт. 47 показанъ специальный землевозный вагончикъ завода Дековила, вместимостью 500 литровъ = 0,05 куб. саж. Изъ такихъ вагончиковъ составляются небольшіе поѣзда, которые и двигаются одною лошадыю. Съ цѣлью удешевленія этого типа вагоновъ, при постройкѣ Самаро-Уфимской желѣзной дороги нѣкоторые подрядчики замѣнили желѣзные кузова простыми деревянными кошками. Правда, при этомъ немного затруднялась выгрузка, но удешевленіе было достигнуто.

Перевозка земли паровозомъ. Въ большинствѣ случаевъ пользуются обыкновенными паровозами постоянныхъ дорогъ, хотя въ послѣднее время появились специальные паровозы для временныхъ узкоколейныхъ дорогъ. Пользованіе паровозами наиболее выгодно въ томъ случаѣ, когда строящаяся дорога примыкаетъ къ существующей, гдѣ имѣются мастерскія, склады запасныхъ частей и т. д. Нельзя рекомендовать употребленія для строящейся дороги новыхъ паровозовъ, потому что они быстро изнашиваются на временныхъ путяхъ. Подъемная сила паровоза зависитъ отъ величины уклоновъ пути; выгоднѣе конечно опускать груженые вагоны и поднимать порожніе, но зачастую приходится поступать какъ разъ наоборотъ. Во всякомъ случаѣ, паровозы, обладая большою движущею силою, могутъ подниматься на крутые подъемы (0,025—0,04), а потому профиль временнаго пути для паровознаго движенія можетъ быть гораздо труднѣе профилю пути для конной возки. Путь долженъ быть хорошо подбитъ, хотя бы и землею, отъ него должна быть отведена вода. Всѣ неисправности пути тормозятъ движеніе, портятъ

рельсы и подвижной составъ; поэтому на содержаніе пути въ исправности должно быть обращено особое вниманіе. При паровозной возкѣ обыкновенно пользуются платформами съ откидными бортами или особыми землевозными вагонами—трюками и только въ рѣдкихъ случаяхъ обзаводятся спеціальнымъ подвижнымъ составомъ съ опрокидывающимися кузовами. Трюки—это тѣ же платформы, или ящики наиболѣе простой конструкціи; трюки бываютъ, такъ сказать, постоянные (послѣ постройки употребляются при ремонтѣ пути) и временные. Для изготовленія временныхъ трюковъ пользуются напр. всею ходовою частью товарныхъ крытыхъ вагоновъ, на которой устанавливается досчатый ящик*), или нѣкоторыми лишь частями—осями съ колесами. Для разгрузки поѣзда, составленнаго изъ опрокидывающихся вагоновъ, нужно имѣть особыхъ рабочихъ и при томъ въ достаточномъ числѣ, чтобы не задерживать подолгу поѣзда подъ выгрузкою. На скорость нагрузки нужно обратить тоже большое вниманіе. Пользуясь однимъ поѣздомъ, можно имѣть двѣ артели рабочихъ—нагрузчиковъ и сгрузчиковъ, если разстояніе возки велико, или пользоваться одною артелью и возить ее на выгрузку. Въ первомъ случаѣ одна артель во время хода поѣзда разрыхляетъ грунтъ и подготавливаетъ его къ нагрузкѣ, а вторая разравниваетъ выгруженную землю. Во второмъ случаѣ артель отдыхаетъ во время хода поѣзда, а потому отъ нея можно требовать болѣе энергичной работы во время стоянокъ поѣзда, сокращать время обѣда и т. п. Обыкновенно на одну платформу ставятъ по два человѣка. Если имѣется въ движеніи два поѣзда, хотя бы и при одномъ паровозѣ, то выгоднѣе имѣть двѣ отдѣльны артели. Число обращающихся поѣздовъ сообразуется съ дальностью возки и продолжительностью нагрузки и выгрузки, съ тѣмъ чтобы ни артели, ни паровозъ не стояли безъ дѣла въ ожиданіи окончанія работы.

Говоря о выгрузкѣ земли, умѣстно будетъ упомянуть объ одномъ механическомъ приспособленіи, употребляемомъ въ Америкѣ для выгрузки балласта. Приспособленіе это носитъ названіе плуга и состоитъ изъ треугольной рамы, укладываемой на платформу, и 1 или 2 желѣзныхъ косыхъ плоскостей (черт. 48). Плугъ ставится на

*) При постройкѣ Батумскаго участка Закавказской жел. дороги землевозные трюки были изготовлены изъ ходовой части нефтяныхъ вагоновъ-цистернъ.

последнюю платформу поезда. Отъ плуга идетъ канатъ черезъ весь поѣздъ и прикрѣпляется къ паровозу. По прибытіи поѣзда на мѣсто выгрузки, поѣздъ затормаживается, паровозъ отцѣпляется и подвигается впередъ. При этомъ плугъ сходитъ съ задней платформы, переходитъ на вторую, сбрасываетъ съ нея балластъ своими косыми плоскостями, переходитъ на третью, сгружаетъ балластъ съ нея и т. д. Плуги дѣлаютъ для односторонней и двусторонней выгрузки.

Въ общей сложности расходовъ по паровозному движенію, расходъ собственно на движеніе, т. е. на топливо, смазку и воду весьма невеликъ, поэтому перемѣщеніе земли на большее разстояніе, на лишнюю одну, двѣ версты почти не отражается на общемъ итогѣ расходовъ. Перемѣщеніемъ же на большее разстояніе возможно значительно увеличить количество двойныхъ работъ и тѣмъ сократить издержки на рытье земли, которыя конечно будутъ значительно передедержки на топливъ и смазкѣ. Поэтому, разъ установивъ паровозную возку земли, ею слѣдуетъ пользоваться возможно шире. Широкое пользованіе паровозомъ при производствѣ земляныхъ работъ можетъ отразиться на всемъ ходѣ дѣла постройки. Скорѣйшая прокладка временнаго пути и открытіе паровознаго движенія можно особенно рекомендовать въ тѣхъ случаяхъ, когда строящаяся дорога проходить по малонаселеннымъ мѣстностямъ.

Перевозка земли при помощи постоянной паровой машины примѣняется вообще рѣдко. Для перевозки устраиваются 2 наклонныхъ пути, съ уклономъ до $\frac{1}{6}$. Вверху ставится барабанъ большого діаметра, черезъ который перекидывается канатъ, къ концамъ котораго привязывается по нѣскольку вагоновъ: на одномъ концѣ груженыхъ, а на другомъ порожнихъ. Барабанъ приводится во вращательное движеніе постоянною машиною, то въ одну, то въ другую сторону. При этомъ груженые вагоны поднимаются, порожніе опускаются. Очевидно, при такомъ вращеніи сила машины главнымъ образомъ тратится на подъемъ земли, самые же вагоны поднимаются вѣсомъ другихъ, спускающихся вагоновъ.

Перевозка самокатомъ. Вагоны, поставленные на пути со спускомъ около 0,01, легко скатываются по немъ, постепенно приобрѣтая все бѣльшую и бѣльшую скорость. Развивающаяся при этомъ живая сила вагоновъ достаточна бываетъ для того, чтобы ра-

скатившіеся вагоны могли продолжать движеніе по горизонтальному пути и по пути съ подъемомъ. Пробѣгъ по горизонтальному пути и подъему, очевидно, зависитъ отъ длины пути со спускомъ. Въ этомъ случаѣ движущею силою является собственно вѣсъ вагона и нагрузки, т. е. сила даровая.

Для подъема порожнихъ вагоновъ пользуются обыкновенно лошадьми. Очевидно, пользованіе этимъ способомъ будетъ тѣмъ выгоднѣе, чѣмъ сравнительно больше вѣсъ нагрузки по отношенію къ вѣсу самихъ вагоновъ (тарѣ). Если устроить два пути, поставить на каждомъ изъ нихъ по поѣзду, соединивъ послѣдніе канатомъ, перекинутымъ черезъ шкивъ, укрѣпленный въ верхней части пути, то спускающіеся груженые вагоны будутъ поднимать порожніе. Въ этомъ случаѣ, слѣдовательно, перемѣщеніе, какъ земли, такъ и самихъ вагоновъ будетъ производиться одною только тяжестью земли. Стоимость такого способа перемѣщенія опредѣлится стоимостью устройства и содержанія пути, шкива, каната. Въ большинствѣ случаевъ, однако, пользуются спускомъ вагоновъ по одному пути и подъемомъ порожнихъ вагоновъ лошадьми.

Вагоны при этомъ способѣ перевозки должны быть снабжены тормазами, которыми пользуются какъ для уменьшенія скорости движенія, такъ и для полной остановки поѣзда.

Для перемѣщенія земли самокатомъ, нужно имѣть расторопныхъ, толковыхъ рабочихъ, которые умѣли бы управлять движущимся поѣздомъ *).

Профиль пути выгоднѣе располагать такъ: на мѣстѣ нагрузки — по горизонтали, затѣмъ спускъ, смотря по разстоянію возки; опять, если можно, горизонталь и, наконецъ, небольшой подъемъ у мѣста выгрузки. Слишкомъ длинные спуски могутъ быть опасны и ихъ полезно прерывать горизонталями или обратными подъемами, для того чтобы не дать возможности поѣзду приобрѣсти слишкомъ опасной скорости. Неопытные рабочіе пролетаютъ мѣсто выгрузки, что, очевидно, можетъ сопровождаться несчастными случаями. Мѣрою предосторожности обыкновенно служатъ упоры, располагаемые у конца пути (черт. 49), но они скорѣе вредны, чѣмъ полезны.

*) Навыкъ приобрѣтается довольно скоро. Начинать слѣдуетъ со спуска вагоновъ по одиночкѣ, а затѣмъ постепенно увеличивать число вагоновъ поѣзда.

Упоры не всегда въ состояніи удержать разогнавшійся поѣздъ, ударъ объ упоръ отражается на цѣлости вагоновъ, рабочіе, рассчитывая на упоръ, менѣе осторожны, не тормозятъ во время. При удлинении выгрузнаго пути упоръ приходится переносить. Назначеніе упора должно ограничиваться предохраненіемъ передняго вагона отъ схода съ рельсовъ, а для этого достаточно положить охранный брусь или немного загнуть къ верху рельсы послѣдняго звена пути. Перемѣщеніе земли самокатомъ при благопріятныхъ условіяхъ мѣстности можетъ принести большія выгоды, но для этого нужно болѣе обращать вниманія на профиль спусковаго пути, умѣло располагать спуски; надо составить подробный планъ всего хода работы и намѣтить постепенное измѣненіе профиля. Безъ такого плана хода работъ легко лишиться нужныхъ спусковъ, а слѣдовательно лишиться возможности пользоваться даровымъ двигателемъ.

Въ Америкѣ въ послѣднее время вошли въ употребленіе особыя приспособленія—*скреперы* (scraper) и машины для производства земляныхъ работъ. Въ 1892 году какъ тѣ такъ и другія были испытаны въ Россіи, на Западно-Сибирской и Рязанско-Казанской жел. дорогахъ и дали сравнительно хорошіе результаты, а потому здѣсь умѣстно будетъ сообщить о нихъ хотя-бы краткія свѣдѣнія.

Скреперы бываютъ трехъ типовъ:

1) Простѣйшій типъ (черт. 50) имѣетъ видъ совка *A* съ двумя ручками *B, B* и дугою *CDE*, къ которой припрягается пара лошадей. Къ нижней сторонѣ совка приклепаны двѣ стальные полосы *FF*, играющія роль полозьевъ. Соединеніе дуги съ совкомъ шарнирное. Точки *D* и *E* расположены впереди центра тяжести совка, а потому, при перемѣщеніи послѣдняго, передній его край нѣсколько приподнимается и совокъ можетъ свободно скользить по землѣ. Работы такимъ скреперомъ производятся слѣдующимъ образомъ: подѣхавъ къ тому мѣсту, гдѣ надо брать землю, рабочій, неостанавливая лошадей, нѣсколько приподнимаетъ свободные концы ручекъ *B, B*, вслѣдствіе чего острое ребро совка врѣзается въ землю, и держитъ ихъ въ такомъ положеніи до тѣхъ поръ, пока совокъ весь наполнится землею. Наполненный землею совокъ перемѣщается къ мѣсту выгрузки, гдѣ рабочій, опять таки неостанавливая лошадей, снова при-

поднимаетъ ручки *B, B*. Совокъ, вѣзавшись своимъ ребромъ въ землю, легко при этомъ опрокидывается и земля изъ него высыпается. Вернувъ совокъ въ его нормальное положеніе, рабочій возвращается къ мѣсту нагрузки. Емкость скрепера этого типа 6 куб. ф.

2) Второ́й типъ скрепера показанъ на черт. 51. Онъ снабженъ особыми полозьями для перемѣщенія его съ мѣста выгрузки къ мѣсту нагрузки въ опрокинутомъ состояніи. Работа этимъ скреперомъ ведется тѣмъ же способомъ какъ и первымъ. Въ скреперъ, смотря по его емкости и степени рыхлости земли, впрягается одна или двѣ пары лошадей. Емкость его доходитъ до 12 куб. ф.

Скреперы только что описанныхъ двухъ типовъ употребляются въ тѣхъ только случаяхъ, когда разстояніе перевозки не превосходитъ 8—10 саж. Эти скреперы нашими рабочими прозваны „волокушами“.

3) Въ третьемъ типѣ (черт. 52) совокъ подвѣшивается къ оси двухъ колесъ. Дѣйствуя большимъ рычагомъ *B* и двумя малыми *b* и *d*, совокъ можно приводить въ различныя положенія: 1) самое низкое, при которомъ совокъ вѣзается въ землю и ею наполняется; 2) въ нѣсколько болѣе высокое, при которомъ скреперъ перемѣщается съ мѣста нагрузки къ мѣсту выгрузки и, наконецъ 3), вертикальное—для выгрузки. Емкость такого скрепера 10—12 куб. ф.

Для перевозки такого скрепера достаточно двухъ лошадей, для нагрузки-же его землею полезно припрягать вторую пару, такъ какъ при этомъ лошадямъ приходится преодолевать значительное сопротивление. Скреперы этого типа употребляются для болѣе далекихъ перевозокъ.

Работая скреперами, необходимо предварительно разрыхлять землю, для чего пользуются особыми плугами (черт. 53). Выгодность пользованія скреперами обусловливается сравнительною легкостью ихъ нагрузки, отсутствіемъ необходимости поднимать нагружаемую землю на сравнительно большую высоту, замѣною сравнительно дорогой физической работы человѣка работою лошади.

Попытки примѣненія машинъ къ производству земляныхъ работъ на сушѣ, собственно къ рытью земли, дѣлались уже давно, однако такія машины, вслѣдствіе ихъ сравнительной сложности, громоздкости и дороговизны не могли войти въ употребленіе, и только въ послѣднее время въ Америкѣ была конструирована Austin'омъ машина, названная имъ „New Era grader“, которая оказалась прак-

тичную, хотя далеко не универсальною, т. е. примѣнимою далеко не при всѣхъ мѣстныхъ условіяхъ. Двигателемъ въ этой машинѣ являются лошади, впрягаемыя въ количество 12—16 штукъ. Устройство этой машины, въ общихъ чертахъ, слѣдующее:

На двухъ осяхъ съ колесами покоится стальная рама, къ которой снизу, между осями, въ поперечномъ направленіи подвѣшена другая наклонная рама, длиною въ 22'. Нижній конецъ этой рамы почти касается земли, а верхній поднимается на 8' надъ землею; уклонъ этой рамы можетъ быть измѣняемъ. Въ обоихъ концахъ наклонной рамы расположены два барабана, черезъ которые перекинута резиновое полотно шириною въ 40". Чтобы полотно это непровисало оно поддерживается рядомъ катковъ. Помощью особаго приспособленія движеніе колесъ машины передается барабанамъ, а этими послѣдними резиновому полотну. Возлѣ нижняго конца наклонной рамы расположенъ плугъ, рѣжущій землю, которая, при движеніи машины, нѣсколько поднимается по плугу и затѣмъ падаетъ на резиновое полотно. Подхваченная полотномъ земля движется съ нимъ къ поднятому противоположному концу рамы и дойдя до него падаетъ. Такимъ образомъ эта машина роетъ землю подъ собою, поднимаетъ ее и сбрасываетъ въ сторону.

Работа этою машиною ведется слѣдующимъ образомъ. Параллельно оси полотна, по обѣимъ сторонамъ насыпи, намѣчается линія резерва. Вдоль этой линіи провозится машина отъ одной точки перехода оси до другой, наблюдая за тѣмъ, чтобы плугъ шель точно по намѣченной линіи. Вырытая при этомъ земля ссыпается длинною полосою на оси полотна. Послѣ этого машина перевозится на другую сторону насыпи и провозится по другой линіи резерва въ обратномъ направленіи. При этомъ отсыпанная полоса земли ушпряется. Машина снова перевозится на первую линію резерва, но при этомъ ставится такъ, чтобы плугъ шель не по старой линіи, а по новой, удаленной отъ старой на ширину вырытой борозды. Сдѣлавъ такимъ образомъ вдоль насыпи по обѣимъ ея сторонамъ нѣсколько оборотовъ, снимемъ первый слой резерва глубиною около 6". Послѣ этого тѣмъ же способомъ снимается второй слой, третій и т. д. По мѣрѣ углубленія резерва и роста насыпи, приходится регулировать высоту подъему свободнаго конца наклонной рамы.

Если-бы оказалось нужнымъ сыпать болѣе высокую насыпь, то

для образованія соотвѣтственно широкой нижней ея части и для насыпки верхнихъ ея слоевъ пользуются работою спаренныхъ машинъ, которая заключается въ слѣдующемъ. Вдоль насыпи съ одинаковою скоростью провозятся двѣ машины: одна по резерву, другая по бермѣ; земля, поднимаемая первой машиною, сыпается въ особый ящикъ, привѣшиваемый ко второй машинѣ; земля изъ этого ящика сыпется на резиновое полотно второй машины и имъ перемѣщается дальше и выше.

Подобнымъ-же образомъ разрабатываются и выемки.

Для болѣе успѣшной работы машины плотный грунтъ предварительно проходится бороною.

Къ достоинствамъ этой машины относятся: сравнительно большая ея производительность и дешевизна работы, къ недостаткамъ: 1) непригодность ея для образованія насыпей болѣе значительной высоты, 2) малая пригодность для волнистой мѣстности, 3) невозможность образованія при насыпяхъ широкихъ бермъ, 4) тѣсная зависимость между высотой насыпи и глубиною резерва, затрудняющая отводъ воды изъ послѣднихъ. Поэтому машины New Era пригодны почти исключительно для работъ въ степной мѣстности.

Разбивка земляныхъ работъ.

Разбивка земляныхъ работъ заключается въ:

- 1) точномъ обозначеніи положенія оси дороги въ планѣ,
- 2) обозначеніи ширины насыпей по низу и выемокъ по верху (*предѣлы работъ*), пологости откосовъ и высоты насыпей (только большихъ).

Обозначеніе оси, оставшееся отъ изысканій или отъ такъ называемаго *возстановленія линіи* *), оказывается не всегда пригоднымъ, а потому, приступая къ землянымъ работамъ, нужно бываетъ вновь провести прямая, разбить закругленія **) и опредѣлить концы насыпей и выемокъ (*точки перехода, или нулевая точки*).

*) Нанесеніе на мѣстности направленія оси дороги на основаніи данныхъ профиля.

**) При изысканіяхъ обыкновенно не разбиваются.

Прямые обозначаются вѣхами черезъ каждыя 10—25 саж., а кривыя—черезъ 5—10 саж., смотря по радиусу. Такъ какъ точки (колья) на оси легко уничтожаются во время производства работъ, то необходимо въ сторонѣ отъ работъ имѣть вспомогательныя точки, по которымъ легко можно бы было возстановлять утратившіяся.

Для возможности опредѣленія и періодической повѣрки высоты насыпей и глубины выемокъ надо имѣть достаточное количество *реперовъ* (черт. 54).

Провѣщиваніе прямыхъ и разбивка закругленій подробно излагаются въ курсѣ геодезіи, а потому здѣсь мы разберемъ только вопросъ о разбивкѣ поперечнаго профиля полотна.

Опредѣленіе предѣловъ земляныхъ работъ. Если мѣстность не имѣетъ поперечнаго уклона, то ширина насыпей по низу опредѣляется по формулѣ:

$$a + 2b = a + 2nh,$$

гдѣ a — ширина насыпи по верху: 2,6 саж. для дороги въ одинъ и 4,6 саж. для дороги въ два пути,

b — заложеніе откоса,

h — красная отмѣтка,

n — коэффициентъ откоса, обыкновенно равный $1\frac{1}{2}$ для мягкаго грунта.

Поэтому для насыпи въ одинъ путь ширина ея по низу будетъ:

$$(2,6 + 3h) \text{ саж.}$$

Для обозначенія на мѣстѣ ширины насыпи по низу, очевидно, нужно только отложить по землѣ, нормально къ оси *), по одну и другую ея сторону, по $(1,30 + 1,5h)$ саж. Нормальное къ оси направленіе опредѣляется экеромъ.

Ширина выемки по верху выражается формулою

$$a + 2c + 2b = a + 2c + 2nh,$$

гдѣ a , b , h имѣютъ тоже значеніе, что и для насыпей,

n — коэффициентъ откоса, для землястыхъ грунтовъ $1\frac{1}{2}$, а для

скалистыхъ $\frac{1}{1}$, $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{10}$, 0,

*) Собственно въ проекціи оси на землѣ, которая и бываетъ обозначена вѣхами или кольями.

c — выражаетъ ширину по верху кювета, равную въ большинствѣ случаевъ 0,95 саж.

Поэтому для выемки въ одинъ путь ширина ея по верху будетъ

$$(2,60 + 1,90 + 3h) \text{ саж.}$$

и для обозначенія предѣла работъ достаточно отложить по землѣ половину этой ширины въ обѣ стороны отъ оси.

Если насыпь или выемка расположены на мѣстности, имѣющей поперечный уклонъ, то полуширины ихъ по обѣимъ сторонамъ оси бываютъ неодинаковы, какъ показано на черт. 55. Дѣйствительно:

въ насыпи	полуширина	A_I	съ	низовой	стороны	}	больше	полуши-	ринь	A и B ;
а въ выемкѣ	"	B_{II}	"	верховой	"					
въ насыпи	"	A_{II}	"	"	"	}	меньше	полуши-	ринь	A и B ,
а въ выемкѣ	"	B_I	"	низовой	"					

причемъ разности $A_I - A$, $A - A_{II}$ и $B - B_I$, $B_{II} - B$ являются функциями уклона земли (при данной красной отмѣткѣ и крутизнѣ откосовъ). Разница эта тѣмъ вообще меньше, чѣмъ меньше поперечный уклонъ земли.

Если мѣстность имѣетъ поперечный уклонъ однообразный, то ширину насыпей и выемокъ по низу легко вычислить, принимая въ расчетъ этотъ уклонъ, и затѣмъ по землѣ отложить вычисленные полуширины.

Если уклонъ мѣстности не однообразенъ, т. е. въ предѣлахъ работъ имѣетъ нѣсколько точекъ перелома, то расчетъ полуширинъ усложняется, поэтому въ такихъ случаяхъ пользуются особымъ способомъ разбивки, не требующимъ предварительнаго расчета.

Прослѣдимъ такую разбивку профиля на частномъ примѣрѣ. Разобъемъ профиль насыпи, ширина которой по верху равняется 2,60 саж., красная отмѣтка—0,4 саж., откосы—полуторные.

Если бы земля не имѣла поперечнаго уклона, то ширина насыпи по низу была бы равна $2,60 + 3 \times 0,4 = 3,80$ саж., а полуширина $= 1,90$ саж.

Постараемся отложить эту полуширину по горизонтальному направленію. Для возможности произвести измѣреніе точно по горизонтальному направленію употребляютъ ватерпасъ съ отвѣсомъ (черт. 56) и рулетку или, лучше, рейку съ дѣленіями и уровнемъ (черт. 57). Длина рейки дѣлается равною 2 саж., а ватерпаса—1 саж. При-

кладываемъ одинъ конецъ рейки къ точкѣ a (черт. 58) на землѣ и приводимъ рейку помощью уровня въ горизонтальное положеніе. Отсчитываемъ по рейкѣ отъ 0, у точки a , длину 1,90 саж.—полуширину насыпи, въ предположеніи что земля не имѣетъ поперечнаго уклона. Точка b , соотвѣтствующая дѣленію рейки 1,90, была бы искомою точкою, если бы она лежала на землѣ, — въ нашемъ же случаѣ она лежитъ выше, но во всякомъ случаѣ она находится на откосѣ насыпи, а потому и можетъ служить для опредѣленія нижняго его ребра, или точки c . Найти положеніе точки c можно при помощи *откоснаго лекала*.

Откосное лекало представляетъ собою прямоугольный треугольникъ, сколоченный изъ тонкихъ досокъ. При горизонтальномъ положеніи катета AB [установленномъ по уровню (черт. 59)] или вертикальномъ положеніи катета AC , [установленномъ по отвѣсу (черт. 60)], гипотенуза BC имѣетъ уклонъ къ горизонту, равный уклону откоса, въ нашемъ случаѣ—полуторный.

Устанавливаемъ лекало такимъ образомъ, чтобы гипотенуза его (при горизонтальномъ положеніи ab) проходила черезъ точку b , т. е. дѣленіе 1,90 рейки (черт. 61). При этомъ конецъ лекала C укажетъ положеніе точки c на землѣ. Разстояніе ac и будетъ искомою полушириною насыпи съ низовой стороны.

Для нахождения точки d , предѣла работъ съ верховой стороны, можно поступить такъ: ставимъ въ точкѣ a вертикальную рейку (черт. 61) съ дѣленіями, а нашу мѣрную рейку кладемъ такимъ образомъ, чтобы она упиралась въ землю въ произвольной точкѣ e , приводимъ ее въ горизонтальное положеніе и читаемъ отмѣтку af по вертикальной рейкѣ. Если бы высота насыпи была не h , а $h-af$, напр. $0,40-0,22=0,18$, то полуширина ея на горизонтѣ линіи fe была бы $1,30+0,18 \times 1,5=1,57$. Отсчитываемъ отъ точки f по рейкѣ fe длину $1,57=fg$. Точка g , очевидно, должна быть на откосѣ насыпи. Ставимъ откосное лекало такимъ образомъ, чтобы его гипотенуза проходила чрезъ точку g . Конецъ лекала C опредѣлитъ положеніе точки d .

При большой высотѣ насыпи разбивка немного усложняется. Положимъ, что высота насыпи равна 4,0 саженьямъ (черт. 62).

Если бы мы могли сдѣлать измѣреніе по направленію горизонтальной линіи aa_1 , то, отложивъ отъ a длину $aA=0,5(2,60+4,0 \times 3)=$

7,30 саж., мы получили бы точку A на откосѣ насыпи, а при помощи откоснаго лекала могли бы найти и точку N . Однако, при крутомъ паденіи земли, точка A можетъ оказаться слишкомъ высоко, и измѣреніе линіи aA можетъ быть трудно выполнимымъ. Поэтому придется отказаться отъ точки A и искать другую какую нибудь точку на томъ же откосѣ.

Прикладываемъ къ точкѣ a мѣрную рейку и приводимъ ее въ горизонтальное положеніе. Замѣчаемъ точку b , удаленную на разстояніе 2 саж. отъ a , и измѣряемъ помощью вертикальной рейки высоту $bc = h_1$ точки b надъ точкою c , ея проекціею на землѣ *). Не имѣя возможности продолжать измѣреніе въ горизонтѣ aa_1 и найти точку A , будемъ продолжать измѣреніе въ горизонтѣ точки c и попытаемся найти точку C на томъ же откосѣ. Очевидно, отъ точки c , для нахождения точки C , нужно отложить длину cC , большую чѣмъ bA , а именно: $cC = cA_1 + A_1C = bA + 1\frac{1}{2}h_1$. Но $bA = aA - 2$ саж. = $7,30 - 2 = 5,30$. Положимъ, что $h_1 = 0,40$ саж. Въ такомъ случаѣ $cC = 5,30 + 0,60 = 5,90$. Откладываемъ помощью мѣрной рейки отъ c длину $cd = 2$ саж. и помощью вертикальной рейки измѣряемъ высоту h_2 точки d надъ ея проекціею e . За невозможностью продолжать измѣреніе на горизонтѣ точки c , переходимъ къ горизонту точки e и вмѣсто точки C постараемся найти точку E . Разстояніе $Ee = eC_1 + C_1E$, гдѣ $eC_1 = Cd = Cc - dc = 3,90$, а $C_1E = 1,5h_2$. Положимъ, что $h_2 = 0,20$. Въ такомъ случаѣ $Ee = 3,90 + 0,30 = 4,20$. Откладываемъ по eE 2 саж., получаемъ точку f и измѣряемъ ея высоту $fg = h_3$ надъ g . По неудобству продолжать измѣреніе въ горизонтѣ точки e , переходимъ на горизонтѣ точки g . Для нахождения точки G слѣдуетъ отложить $gG = gE_1 + E_1G$ гдѣ $gE_1 = fE = eE - 2$ саж. = $4,20 - 2$ саж. = $2,20$ а $gE_1 = 1,5h_3$. Положимъ, что $h_3 = 0,60$. Въ такомъ случаѣ отъ g надо отложить $gG = 2,20 + 0,90 = 3,10$. Откладываемъ 2 саж. и замѣчаемъ точку i на высотѣ $ik = h_4$ надъ ея проекціею k . Остается отложить 1,10, но за неудобствомъ такого отложенія, переходимъ на горизонтѣ точки k . Отъ точки k надо отложить $kK = kG_1 + G_1K$, гдѣ $kG_1 =$

*) Если бы точка b , при двусаженной рейкѣ, благодаря большой крутизнѣ откоса, оказалась бы слишкомъ высоко, что затрудняло бы работу, то пришлось бы пользоваться односаженной рейкою.

$= iG = qG - 2 \text{ саж.} = 3,10 - 2 \text{ саж.} = 1,10 \text{ саж.}$, а $G_1K = 1,5h_1$. Положимъ, что $h_1 = 0,30$; въ такомъ случаѣ $kK = 1,10 + 0,45 = 1,55$. Кладемъ въ точкѣ k мѣрную рейку kl и отсчитываемъ по ней отъ k длину $kK = 1,55$. Точка K будетъ лежать на откосѣ насыпи. Для полученія точки N приставляемъ къ K откосное лекало, которое своимъ нижнимъ концомъ и опредѣляетъ точку N . Длина aN и будетъ искомою полушириною насыпи съ низовой стороны.

Найдемъ теперь предѣлъ работъ съ верховой стороны.

Если бы вправо отъ точки a земля шла горизонтально, то, при высотѣ насыпи въ 4 саж., мы отложили бы $0,5 (2,60 + 4,0 \times 3) = 7,30 \text{ саж.}$ и получили бы точку A . Въ дѣйствительности же земля вправо отъ точки a поднимается, слѣдовательно никакихъ измѣреній въ горизонтѣ точки a дѣлать нельзя. Попробуемъ найти какую нибудь другую точку откоса на иномъ горизонтѣ. Прикладываемъ къ произвольной точкѣ m нашу мѣрную рейку, приводимъ ее въ горизонтальное положеніе и замѣчаемъ точку n , въ которой она встрѣчается съ вертикальною рейкою, поставленною въ a . Положимъ, что $mn = 1,70 \text{ саж.}$ а $an = n' = 0,40 \text{ саж.}$ Въ горизонтѣ точки m , или n высота насыпи будетъ $4,0 - 0,40$, а полуширина ея подошвы $nN = 0,5 (2,60 + 3,60 \times 3) = 6,70 \text{ саж.}$ Въ этомъ горизонтѣ оказалось возможнымъ отложить только $1,70 \text{ саж.}$, слѣдовательно точка N приходится подъ землю. Будемъ искать иную точку откоса на другомъ какомъ нибудь горизонтѣ, напр. на горизонтѣ точки o . Кладемъ въ o одинъ конецъ мѣрной рейки, приводимъ ее въ горизонтальное положеніе, и замѣчаемъ точку p , точку ея пересѣченія съ вертикальною рейкою, поставленною въ m . Положимъ, что $op = 1,35 \text{ саж.}$, а $mp = h'' = 0,3 \text{ саж.}$ На горизонтѣ точки o высота насыпи равна $4,0 - (0,4 + 0,3) = 3,3 \text{ саж.}$, а полуширина подошвы $oO = 0,5 (2,60 + 3,3 \times 3) = 6,25 \text{ саж.}$ Такъ какъ o удалена отъ q , середины ширины насыпи, на $mt + po = 1,70 + 1,35 = 3,05 \text{ саж.}$, то отъ o вправо надо было бы отложить $6,25 - 3,05 = 3,20 \text{ саж.}$, но это невозможно, такъ какъ отъ o земля поднимается. Переходимъ къ горизонту точки r . Положимъ, что $rs = 1,10$, а $os = 0,40$. На этомъ горизонтѣ высота насыпи $= 4,0 - (0,4 + 0,3 + 0,4) = 2,90 \text{ саж.}$, а полуширина подошвы $= 0,5 (2,60 + 2,9 \times 3) = 5,65 \text{ саж.}$ Такъ какъ точка r удалена отъ t , середины ширины насыпи, на $1,70 + 1,35 + 1,10 = 4,15 \text{ саж.}$, то отъ r вправо надо было бы еще отложить $5,65 - 4,15 = 1,50 \text{ саж.}$,

но это невозможно, такъ какъ вправо отъ r земля поднимается. Переходимъ къ горизонту точки u . Положимъ, что $ux = 1,9$ саж., а $rx = 0,24$ саж. На горизонтѣ точки u высота насыпи $= 4,0 - (0,4 + 0,3 + 0,4 + 0,24) = 2,66$ саж., а полуширина подошвы $= 0,5(2,60 + 2,66 \times 3) = 5,29$ саж. Точка u удалена отъ z , середины ширины насыпи, на $1,70 + 1,35 + 1,10 + 1,9 = 6,05$ саж., слѣдовательно больше чѣмъ точка откоса, а именно на $6,05 - 5,29 = 0,76$ саж. Итакъ, точка откоса на горизонтѣ точки u должна лежать влѣво отъ u на $0,76$ саж. Отсчитываемъ по рейкѣ длину $0,76$ и замѣчаемъ точку y , которая и будетъ на откосѣ насыпи. Приложивъ къ y гипотенузу откоснаго лекала, получимъ точку v , искомую точку пересѣченія откоса съ землею.

Разбивка выемокъ производится подобнымъ же способомъ, какъ и разбивка насыпей, а потому ограничиваемся приведеніемъ одного только чертежа разбивки (черт. 63).

Выемки часто имѣютъ болѣе крутые откосы чѣмъ $1:1\frac{1}{2}$, а потому для разбивки такихъ выемокъ нужно имѣть различныя откосныя лекала. Во избѣжаніе употребленія нѣсколькихъ лекалъ, можно сдѣлать одно, которое бы годилось для откосовъ различной крутизны. На чертежѣ 64 показано такое лекало.

Лекало устанавливается по отвѣсу ae . При вертикальномъ положеніи ребра ab , ребро bc имѣетъ уклонъ, положимъ, $1:1\frac{1}{2}$, при вертикальномъ положеніи ac ребро bc имѣетъ уклонъ, положимъ, $1:\frac{1}{5}$, при иныхъ положеніяхъ лекала уклонъ bc промежуточный между $1:1\frac{1}{2}$ и $1:\frac{1}{5}$, величина этого уклона можетъ быть опредѣлена и надписана на перекладинѣ db у черты, совпадающей съ направлениемъ нити отвѣса при данномъ положеніи лекала. Для того чтобы установить лекало по данному уклону, нужно его наклонить такимъ образомъ, чтобы нить отвѣса покрыла черту, соответствующую данному уклону.

Точку пересѣченія откоса насыпи или выемки съ поверхностью земли можно опредѣлять и не прибѣгая къ отвѣсному лекалу. Дѣйствительно, положимъ, что при послѣднемъ положеніи рейки kl (черт. 62), найдена точка K ; къ которой надо приложить лекало для нахождения точки N —границы насыпи. Не имѣя лекала, положеніе точки N можетъ быть опредѣлено какъ положеніе проекціи нѣкоторой точки n , лежащей на разстояніи r отъ K (черт. 65).

Высота точки U надъ U_1 или $U_1 = h$ и высота точки K надъ ея проекцією k_1 или $Kk_1 = h_1$ могутъ быть опредѣлены по вертикальной рейкѣ, поставленной у точки U и k . Разстояніе $UK = R$ можетъ быть непосредственно прочтано на горизонтальной рейкѣ.

По этимъ даннымъ опредѣлится средній уклонъ земли между точками k_1 и U_1 , а именно:

$$\frac{h - h_1}{R} = \frac{1}{m}$$

Зная уклонъ $\frac{1}{m}$, можно опредѣлить h_2 , высоту точки n надъ N , а именно:

$$h_2 = h_1 + k_1 k_{11}$$

а

$$k_1 k_{11} = \frac{r}{m}$$

отсюда

$$h_2 = h_1 + \frac{r}{m}$$

Съ другой стороны:

$$h_2 = \frac{r}{1,5} \text{ *)}$$

а потому

$$h_1 + \frac{r}{m} = \frac{r}{1,5}$$

откуда слѣдуетъ:

$$r \left(\frac{1}{1,5} - \frac{1}{m} \right) = h_1$$

или

$$r = \frac{h_1}{\frac{2}{3} - \frac{1}{m}} \dots (a)$$

Вычисливъ r , легко найти на рейкѣ точку n , а затѣмъ, опустивъ

*) При полуторныхъ отвесахъ насыпн.

изъ n отвѣсь, и ея проекцію N , предѣль насыпи съ низовой стороны.

Со стороны верховой (черт. 66), при опредѣленіи границы насыпи пользованіе лекаломъ тоже можетъ быть замѣнено разсчетомъ разстоянія $yV = r$, а именно:

$$\frac{h_1}{R} = \frac{1}{m}; \quad h_2 = h_1 - y_1 y_1 = h_1 - \frac{r}{m}$$

кромѣ того

$$h_2 = h_1 - \frac{r}{m} = \frac{r}{1,5},$$

откуда

$$r \left(\frac{1}{1,5} + \frac{1}{m} \right) = h_1,$$

или

$$r = \frac{h_1}{\frac{2}{3} + \frac{1}{m}} \dots (b)$$

Только что выведенныя формулы годятся и для разбивки выемокъ, съ тою только разницею, что при опредѣленіи границы работъ съ низовой стороны приходится пользоваться формулою (b), а съ верховой—(a), въ чемъ легко убѣдиться по чертежамъ 67 и 68.

Въ обоихъ случаяхъ искомую точку, проекцію границы работъ, при разбивкѣ выемки, придется откладывать отъ точки откоса въ сторону оси выемки, тогда какъ при разбивкѣ насыпи ее приходилось откладывать въ сторону противоположную оси.

При производствѣ разбивки предѣловъ работъ всѣ ариѳметическія выкладки, дѣлаемыя въ полѣ, слѣдуетъ производить въ особой тетрадкѣ, съ тѣмъ чтобы дома можно было затѣмъ провѣрить ихъ.

Ширины насыпей и выемокъ опредѣляются по возможности для каждой точки продольнаго профиля. Затѣмъ чрезъ найденныя точки проводятся линіи, которыя и обозначаютъ предѣль работъ насыпей и выемокъ. Линіи эти намѣчаются сперва веревками (причалками), а затѣмъ по направленію послѣднихъ проводится глубокая борозда лопатами или плугомъ. На скалистомъ грунтѣ предѣль работъ обо-

значается красною масляною краскою, такъ какъ проведеніе борозды потребовало бы сравнительно большого расхода.

Кромѣ ширины насыпей и выемокъ иногда обозначаютъ и пологость откосовъ. Для такого обозначенія служатъ постоянныя лекала (черт. 69 и 70), состоящія изъ двухъ кольевъ и наклонной доски, иногда скрѣпленныхъ еще схваткою.

Уклонъ постоянного лекала для выемокъ соотвѣтствуетъ истинному уклону ихъ откосовъ, слѣдовательно, равенъ уклону откоснаго лекала, употреблявшагося для разбивки работъ, а потому постоянное лекало можетъ устанавливаться при помощи откоснаго. Уклонъ постоянного лекала для насыпей дѣлается круче истиннаго уклона ихъ откосовъ по слѣдующей причинѣ. Насыпь возводится изъ грунта разрыхленнаго, который неизбѣжно даетъ осадку; а потому для достиженія проектной высоты насыпи послѣ окончанія осадки, необходимо или сразу придавать ей излишекъ въ высотѣ или рѣшаться на дополнительную присыпку, послѣ того, какъ насыпь приметъ осадку. Осадка предполагается пропорціональною высотѣ насыпи.

Въ первомъ случаѣ профиль насыпи вслѣдъ за окончаніемъ работъ долженъ имѣть видъ, показанный на чертежѣ 71. Ширина насыпи по низу и по верху отъ осадки не измѣняется, а потому въ профилѣ проектомъ $abcd$ и рабочемъ ab_1c_1d размѣры ad , bc и b_1c_1 одинаковы, высота же профиля рабочаго болѣе высоты проектнаго на ΔH — величину осадки, гдѣ H — красная отмѣтка, а Δ нѣкоторый коэффициентъ, зависящій отъ степени уплотненія даннаго грунта. При равенствѣ заложеній откосовъ — ae и разности ихъ высотъ H и $H + \Delta H$, уклонъ откоса ab_1 долженъ быть круче уклона ab .

Если предполагается произвести досыпку до проектнаго профиля $abcd$ послѣ осадки насыпи, то рабочему профилю даютъ видъ ab_1c_1d (черт. 72). Послѣ осадки, насыпь приметъ профиль $ab_1^1c_1^1d$ и къ ней нужно будетъ присыпать трапецію $b_1^1bc_1^1$. Въ этомъ случаѣ откосъ ab_1 вслѣдствіе равенства высотъ H и разности заложеній ae и ae_1 тоже долженъ быть круче откоса ab .

Обозначая величину осадки ΔH , а излишекъ въ ширинѣ насыпи по верху Δs , не трудно убѣдиться, что между ними должна существовать такая зависимость:

$$\Delta H = \Delta s \operatorname{tg} (\alpha + \Delta \alpha)$$

или приблизительно

$$\Delta H = \Delta s \operatorname{tg} \alpha$$

$$\Delta s = \Delta H \operatorname{cotg} \alpha.$$

По Винклеру, для разныхъ грунтовъ ΔH , пропорціональная H , выражается слѣдующими цифрами

Для камня $\Delta H = \frac{H}{40}$

„ песчанаго грунта $\Delta H = \frac{H}{23}$

„ чернозема $\Delta H = \frac{H}{14}$

„ глины $\Delta H = \frac{H}{12}$

Отсюда для камня при $\operatorname{Cotg} 45^\circ = 1$

$$\Delta s = \frac{H}{40}$$

Для другихъ грунтовъ при $\operatorname{Cotg} \alpha = 1,5$:

для песчанаго грунта. $\Delta s = \frac{H}{15}$

„ чернозема $\Delta s = \frac{H}{9}$

„ глины $\Delta s = \frac{H}{8}$.

Если мѣстность имѣетъ поперечный уклонъ, то осадка насыпи въ разныхъ частяхъ будетъ различна, а потому величину осадки или уширеніе по верху ставятъ въ зависимость отъ уклона, (черт. 73), а именно принимаютъ:

$$\Delta h = n \left(h_1 + \frac{h_2}{2} \right)$$

$$\Delta s = n_1 \left(h_1 + \frac{h_2}{2} \right),$$

гдѣ n и n_1 численные коэффициенты, различные для различнаго грунта.

Кроме приведенных выше значений для n и n_1 , данных Винклеромъ, можно указать еще на слѣдующія:

На Вреннерской жел. дор., согласно инструкціи для производства работъ, для земляныхъ насыпей съ полукторными откосами на мѣстности почти не имѣющей поперечнаго уклона принималось:

$$\Delta s = \frac{H}{15},$$

для насыпей каменныхъ

$$\Delta s = \frac{H}{25}.$$

Сообразно съ этимъ на косогорахъ

$$\Delta s_1 = \frac{h_1}{15} + \frac{h_2}{30}$$

и

$$\Delta s_1 = \frac{h_1}{25} + \frac{h_2}{50}$$

На южно-австрійской желѣзной дорогѣ:
для земляныхъ насыпей

$$\Delta s = \frac{k}{8} \text{ и } \Delta s_1 = \frac{h_1}{8} + \frac{h_2}{12},$$

для скалистыхъ насыпей

$$\Delta s = \frac{k}{20} \text{ и } \Delta s_1 = \frac{h_1}{30} + \frac{h_2}{60}.$$

По Кавену:

	$\Delta s:$	$\Delta h:$
для скалистыхъ грунтовъ	$\frac{1}{40} \left(h_1 + \frac{h_2}{2} \right)$	$\frac{1}{40} \left(h_1 + \frac{h_2}{2} \right)$
„ песчаныхъ грунтовъ.	$\frac{1}{20} \left(h_1 + \frac{h_2}{2} \right)$	$\frac{1}{30} \left(h_1 + \frac{h_2}{2} \right)$
„ растительной земли.	$\frac{1}{12} \left(h_1 + \frac{h_2}{2} \right)$	$\frac{1}{18} \left(h_1 + \frac{h_2}{2} \right)$
„ глины и суглинки.	$\frac{1}{8} \left(h_1 + \frac{h_2}{2} \right)$	$\frac{1}{12} \left(h_1 + \frac{h_2}{2} \right)$.

У насъ обыкновенно для землястыхъ насыпей принимается:

$$\Delta h = \frac{h}{10};$$

для каменныхъ

$$\Delta h = \frac{h}{20 - 25}.$$

Задавшись опредѣленнымъ Δh или Δs нетрудно опредѣлить величину уклона постоянного лекала для рабочаго профиля насыпи, а именно: (черт. 74)

$$\operatorname{tg}(\alpha + \Delta\alpha) = \frac{1 + \Delta}{m}, \text{ если } \operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{m}.$$

Высота насыпи обозначается только при небольшомъ значеніи h , причеъ самое обозначеніе дѣлается такъ, какъ показано на черт. 75 или 76, смотря по высотѣ. Высота болѣе высокихъ насыпей провѣряется нивелировкой и недостающая высота опредѣляется въ то время, когда рабочая высота насыпи приближается уже къ проектной.

Тоже самое относится и къ выемкамъ.

Для провѣрки профиля верхнихъ граней полотна и кюветовъ, пользуются иногда лекалами такого вида, какъ показано на черт. 77 и 78.

Разработка выемокъ.

Приемы веденія работъ по разработкѣ выемокъ довольно разнообразны и на избраніе того или инаго вліяютъ слѣдующія обстоятельства:

- 1) Назначеніе вырабатываемаго матеріала: идетъ ли онъ на образование насыпи или сваливается въ кавальеры.
- 2) Форма выемки и ея размѣры: длина, глубина, величина уклоновъ земли по продольному и поперечному направленію.
- 3) Объемъ выемки.
- 4) Родъ грунта и характеръ залеганія слоевъ.
- 5) Желаемая скорость хода работъ.
- 6) Имѣющіяся перевозочныя средства и
- 7) Способъ расчета за производимыя работы.

Обстоятельства эти въ каждомъ частномъ случаѣ слагаются весьма различно и тѣмъ исключается возможность дать общія указанія относительно наивыгоднѣйшаго способа производства работъ; потому намъ остается только ограничиться указаніемъ на наиболѣе типичные приемы разработки.

Прежде чѣмъ перейти къ описанію этихъ приемовъ, укажемъ на одно общее условіе, которому должны удовлетворять всевозможные приемы производства этихъ работъ, а именно: изъ разрабатываемой выемки должна быть отводима вода. Вода въ выемку попадаетъ изъ грунта, съ окружающей мѣстности (если есть скатъ въ сторону выемки) и дождевая. Присутствіе воды въ выемкѣ имѣетъ слѣдующія дурныя стороны: грунтъ размягчается и даже разжижается, катальныя доски, пути, лошади, сами рабочіе вязнутъ въ грязи, на пути дѣлаются ухабы, рельсы гнутся, шпалы загниваютъ, крутые откосы обрушаются, грунтъ дѣлается плохимъ матеріаломъ для образованія насыпи.

При устройствѣ выемокъ желѣзнодорожныхъ или шоссейныхъ отводить воду изъ нихъ можно самотекомъ, давая дну выемки уклонъ или, еще лучше, вырывая по временному ея дну канавки (кюветы) съ уклономъ къ пониженному мѣсту внѣ выемки. Въ выемкахъ при устройствѣ каналовъ, если онѣ роятся на сухо, въ обширныхъ котлованахъ, въ каменоломняхъ и т. п., за невозможностью отвести воду въ болѣе пониженное мѣсто, приходится прибѣгать къ механическому водоотливу. Кромѣ воды изъ самой выемки, слѣдуетъ отводить и ту воду, которая можетъ въ нее попасть съ окружающей мѣстности; для этого роятся канавки съ нагорной стороны на нѣкоторомъ разстояніи отъ верхней бровки откоса. Канавки эти называются *нагорными*. Если въ откосахъ выемки встрѣчается водоносный слой, обильный водою, то послѣднюю слѣдуетъ не допустить въ выемку путемъ устройства *дренажа*. Вопросъ объ отводѣ воды изъ выемокъ подробно излагается въ курсахъ „желѣзныхъ дорогъ“ и „осушенія и орошенія“, а потому здѣсь мы не будемъ на немъ останавливаться.

Всѣ существующіе приемы разработки выемокъ можно подраздѣлить на слѣдующіе три типа:

1) Разработка начинается съ одного или съ обоихъ концовъ выемки или же на разныхъ высотахъ и постепенно подвигается къ

средины. Схематически этот прием работы, который будем называть *поперечной разработкой*, показан на чертежѣ 79 (продольный разрѣзъ).

2) Разработка начинается на всемъ почти протяженіи отъ точки перехода до высшей (гдѣ наибольшая красная отмѣтка) и постепенно подвигается въ глубину и въ длину. Этотъ приемъ, схематически показанный на черт. 80, будемъ называть *продольною разработкою*.

3) На высотѣ дна выемки прорывается *штольня* (подземная галерея), къ которой проводится рядъ вертикальныхъ *шахтъ* (колодець) отъ поверхности земли. По штольнѣ двигаются вагоны, которые нагружаются грунтомъ, сваливаемымъ по шахтамъ. Схематически этотъ приемъ работы, извѣстный подъ названіемъ *англійскаго способа*, показанъ на чертежѣ 81.

Поперечная разработка наиболѣе примѣнима при тачечной и конной возкѣ, хотя не исключается возможности пользованія и паровою силою или самокатомъ. При разработкѣ скалистыхъ выемокъ (но не на косогорахъ) употребляется по преимуществу. Наиболѣе характерный случай примѣненія поперечной разработки представляютъ глубокія выемки на мѣстности съ большимъ продольнымъ (по оси дороги) уклономъ, если при этомъ добываемый грунтъ сваливается въ кавальеры.

Работа начинается на нѣсколькихъ уровняхъ или только въ верхней части (смотря по количеству рабочихъ и желаемой скорости окончанія работы). Катальные доски кладутся нормально къ длинѣ выемки и по мѣрѣ разработки подвигаются параллельно самимъ себѣ, какъ это показано на чертежѣ 82. Такимъ образомъ разработка идетъ слоями. Пути изъ выемки выгоднѣе класть со спускомъ или, по крайней мѣрѣ, горизонтально, но для сокращенія разстоянія возки, а главнымъ образомъ для увеличенія числа вывозныхъ путей ихъ кладутъ и съ подъемомъ. Когда будетъ обнаженъ одинъ изъ верхнихъ слоевъ, то для возможности поставить для его разработки большее число рабочихъ (увеличить фронтъ работъ) можно распорядиться такъ: прорыть въ обнаженномъ слоѣ продольную траншею и начинать разработку слоя вдоль этой траншеи, какъ показано на черт. 83. Наконецъ, тотъ же слой можно перерѣзать рядомъ поперечныхъ траншей, показанныхъ пунктиромъ, и вести разработку слоя во всѣхъ траншеяхъ одновременно. При этомъ, очевидно, должно

быть достаточное число вывозовъ на поверхность земли, съ тѣмъ чтобы не было остановки въ перевозкѣ. Въ этомъ то случаѣ и придется дѣлать вѣзды съ подъемомъ.

Если при тѣхъ же условіяхъ земля изъ выемки свозится въ насыпь, то отъ каждаго слоя прокладываются къ ней по одному или по два ряда катальныхъ досокъ (при тачечной возкѣ) или по поверхности земли, или частью по бермамъ, оставляемымъ на откосахъ (черт. 84).

Если приходится для возки земли пользоваться вагонами, то, вслѣдствіе невозможности поворачивать поѣздъ въ тѣсномъ пространствѣ, а равно вслѣдствіе сравнительной выгоды обращенія цѣлыхъ поѣздовъ, а не отдѣльныхъ вагоновъ, поперечная разработка видоизмѣняется слѣдующимъ образомъ. Сперва вырывается траншея (узкая выемка) на длину поѣзда (черт. 85) и постепенно расширяется. Когда оказывается возможнымъ, прокладывается второй путь, а затѣмъ третій между двумя первыми. Этотъ третій путь удлиняется еще на длину одного поѣзда (черт. 86), а затѣмъ при его посредствѣ производится уширеніе новой траншеи. Когда этими траншеями будетъ вывезенъ достаточно широкій слой выемки, на днѣ его вырывается новая траншея, которая въ свою очередь расширяется тѣмъ же способомъ. На чертежѣ 87 показано положеніе работъ въ трехъ слояхъ. Очевидно, этотъ способъ разработки примѣнимъ въ томъ только случаѣ, если земля имѣетъ не особенно большой продольный уклонъ, такъ какъ въ противномъ случаѣ пути должны были бы имѣть слишкомъ крутые уклоны или траншеи (въ ихъ концѣ) были бы слишкомъ глубоки. Разработка такими траншеями примѣнима и при тачечной возкѣ.

Продольная разработка примѣнима главнымъ образомъ въ тѣхъ случаяхъ, когда матеріаль изъ выемки идетъ въ насыпь, движеніе производится по временнымъ желѣзнымъ дорогамъ (особенно паровозное или самокатомъ) и, наконецъ, если продольный уклонъ не особенно великъ (не выше $\frac{1}{30}$).

Работа начинается съ проведенія возможно длинной траншеи, ширина которой сообразуется съ родомъ перевозочныхъ средствъ, а глубина со свойствами гурнта, а именно: при тачечной возкѣ ширина дѣлается около 1 сж., при вагонной — около 1,75 сж., въ мягкихъ грунтахъ глубиною не выше одной сажени, а въ скали-

стыхъ до 2—3 саж. Откосы траншеи дѣлаются возможно крутыми. Для отвода воды дно траншеи должно имѣть уклонъ, не менѣе 0,001. При разработкѣ не глубокихъ выемокъ дно траншеи можно располагать на высотѣ дна выемки; такъ какъ обыкновенно путь въ выемкѣ располагается съ уклономъ въ одну или двѣ стороны, то начинать траншею слѣдуетъ съ той стороны выемки, куда направлень скатъ ея дна. Если бы по условіямъ размѣщенія земли понадобилось начинать траншею съ противоположнаго конца выемки, то первоначально дну траншеи нужно придать уклонъ обратный уклону дна выемки (черт. 88) и вывести при ея посредствѣ землю изъ части выемки *bcd*, а затѣмъ, для возможности дальнѣйшей разработки части выемки *abd*, или вырыть траншею на уровнѣ дна постоянной выемки или же ограничиться одними кюветами для отвода воды въ сторону *a*, дно же траншеи понижать постепенно. Приданіе траншеѣ ската въ сторону насыпи, образуемой изъ добываемаго грунта, имѣетъ цѣлью облегчить и удешевить перемѣщеніе земли.

Разработка самой траншеи производится двояко: 1) безъ прокладки пути: траншея на всю глубину роется на выметъ, добытый грунтъ увозится уже послѣ прокладки пути по дну готовой траншеи; 2) съ прокладкою пути: добываемый грунтъ увозится по мѣрѣ разработки траншеи, путь въ траншеѣ постепенно понижается. Прокладывать путь въ этомъ случаѣ приходится непосредственно по землѣ, но для этого послѣдняя не должна имѣть продольнаго уклона свѣше $\frac{1}{30}$. Производить движеніе по такому крутому уклону не выгодно: при спускѣ поѣздовъ ихъ надо тормозить, а при подъемѣ затрачивать большую работу. Поэтому, проложивъ путь по землѣ съ уклономъ до $\frac{1}{30}$, по мѣрѣ углубленія траншеи, уменьшаютъ уклонъ пути. Это достигается бѣльшимъ углубленіемъ конца траншеи, противоположнаго насыпи. Когда будетъ достигнуто наиболѣе подходящій уклонъ траншеи, то дальнѣйшее ея углубленіе идетъ равномерно по всей почти ея длинѣ. Постепенное углубленіе траншеи схематически показано на чертежѣ 80.

Разработка траншеи при помощи пути ведется двояко, въ зависимости отъ грунта, а именно: 1) въ мягкомъ грунтѣ земля роется съ обѣихъ сторонъ пути и между шпалами (черт. 89 и 90); отъ постепеннаго сръзанія грунта, лежащаго непосредственно подъ шпалами, послѣднія садятся и путь понижается. За одинъ разъ можно

такимъ образомъ осадить путь сотокъ на 20—25. Выравнивши опущенный путь, во избѣжаніе прогибовъ рельсовъ, образованія ухабовъ и т. п., продолжаютъ подобную же подрывку и опусканіе; 2) въ твердомъ грунтѣ подобное опусканіе неудобноисполнимо, а потому работу ведутъ такъ: рядомъ съ проложеннымъ путемъ роютъ траншею глубиною около 0,5 саж. и въ нее сдвигаютъ путь, проложенный по поверхности. Выравнивъ путь, начинаютъ вырывать вторую траншею рядомъ съ первой (черт. 91); углубивъ ее на 0,5 ниже дна дна первой, сдвигаютъ въ нее путь. Подобное перемѣщеніе пути со дна одной траншеи на дно другой продолжается до тѣхъ поръ, пока не будетъ достигнута нужная глубина.

Если глубина траншеи равняется приблизительно глубинѣ выемки, то ее роютъ по оси пути, если-же глубина траншеи значительно меньше глубины выемки, то траншею располагаютъ у края выемки (черт. 92). Съ окончаніемъ прорывки траншеи, начинается правильная разработка выемки. Разрабатывается одинъ откосъ траншеи по всей ея длинѣ и, по мѣрѣ ея разработки, производится передвижка пути. За одинъ пріемъ путь передвигаютъ не менѣе, чѣмъ на 0,5 саж. Когда такимъ образомъ будетъ снятъ цѣлый слой выемки, на днѣ его роется новая траншея, въ нее опускается путь, а затѣмъ идетъ разработка втораго слоя, передвиженіемъ пути въ обратную сторону (черт. 93) и т. д., пока не будетъ вырыта вся выемка. При разработкѣ выемокъ скалистыхъ, куски добываемаго грунта бываютъ вообще довольно велики, подъемъ ихъ требуетъ большаго усилія; падая прямо въ вагоны, камни могли-бы разбивать ихъ, падая подъ вагоны—загромождать путь. Во избѣжаніе подобныхъ обстоятельствъ, разрабатываемый скалистый откосъ подраздѣляютъ *бермою* на высотѣ дна или бортовъ вагоновъ (черт. 94). При этомъ для нагрузки большихъ камней ихъ приходится только перекатывать по горизонтальному направленію.

Если выемка располагается на косогорѣ, то удобно и выгодно производить разработку на двухъ или трехъ уровняхъ (черт. 95); при этомъ почти устраняется расходъ на прорытіе первоначальной траншеи, которая вообще обходится дороже, чѣмъ вся выемка въ среднемъ. вмѣсто прорытія траншеи для разработки самыхъ нижнихъ слоевъ выемки, выгоднѣе снять весь откосъ съ низовой стороны. Въ скалистомъ грунтѣ устройство траншей вообще неудобно и до-

рого, а потому продольная разработка скалы употребляется рѣже, и слѣдовательно, расположеніе такой выемки на косогорѣ является весьма благопріятнымъ обстоятельствомъ. Выше мы уже указывали на вліяніе паденія и простиранія слоевъ на расположеніе работъ при разработкѣ скалы. Теперь мы можемъ дать такія указанія: если простираніе слоевъ грунта идетъ по направленію нормальному къ длинѣ выемки, то выгоднѣе примѣнять поперечную разработку; если простираніе слоевъ параллельно длинѣ выемки, то выгоднѣе продольная разработка. Въ обоихъ случаяхъ начинать разработку слоя надо со стороны паденія слоевъ.

Англійскій способъ разработки выемокъ, примѣненный впервые въ Англіи, широко эксплуатировался при сооруженіи желѣзныхъ дорогъ въ Америкѣ, Италіи, Швейцаріи, Австріи и Германіи. Преимущество этого способа передъ другими заключается въ слѣдующемъ: удобная нагрузка добытаго матеріала, совершенный отводъ воды и просушка разрабатываемаго грунта, меньшее количество путей, стрѣлокъ и другихъ принадлежностей, отсутствіе расхода на перекладку путей, быстрота работы и т. д. Всѣ эти особенности англійскаго способа понижаютъ стоимость разработки. Устройство штольни и ряда шахтъ требуютъ сравнительно большого расхода, а потому удорожаютъ работу. Очевидно, выгодность примѣненія англійскаго способа должна быть тѣмъ значительнѣе, чѣмъ на большее количество разрабатываемаго грунта распределяется расходъ на штольню и шахты, и чѣмъ послѣднія обходятся дешевле. Опытъ заграничныхъ дорогъ показываетъ, что примѣненіе англійскаго способа становится выгоднымъ при глубинѣ выемокъ въ 8 mtr. въ мягкомъ грунтѣ и при глубинѣ 11—15 mtr.—въ скалистыхъ грунтахъ, смотря по ихъ твердости. Сравнительно меньшая глубина выемокъ въ мягкихъ грунтахъ, при которой выгодно примѣнять англійскій способъ, объясняется тѣмъ, что хотя при этомъ штольню и шахты и приходится укрѣплять деревомъ (крѣпить), но за то, благодаря большей пологости откосовъ, въ такихъ выемкахъ на куб. единицу штольни и шахтъ приходится значительно большее количество кубовъ въ самой выемкѣ. Для дорогъ въ два пути примѣненіе англійскаго способа еще выгоднѣе.

Размѣры штоленъ, выработавшіеся заграничною практикою, та-

высоты: высота 2—2,5 мтр., ширина 2,3—2,8 мтр. Шахта квадратнаго сѣченія, площадь около 1,5 мтр.

Невозможно отъ избраннаго приема разработки, заключена выемка никогда не роется сразу по проектному профилю, обыкновенно къ не добиваются, какъ въ глубину, такъ и въ откосахъ. Про выемку въ такой состоянїи говорятъ, что она окончена *черны*. Дѣлается это въ виду того, что безъ тщательной окончательной проверки разработки выемки, исполненной *черны*, легко *закрѣтса*, т. е. зануть земли больше, чѣмъ нужно. Исправлять подобныя ошибки пришлось-бы присылкою земли, а кърѣтко, что присылка очень плохо связывается съ землею въ ея естественномъ состоянїи. Приведеніе выемки къ проектному ея профилю называется *окончательною отдѣлкою*. Для такой отдѣлки производится нивелировка дна и назначается положеніе проектной оси. Съ этою цѣлью на днѣ выемки выкапываются ямки и въ нихъ забиваются колья такимъ образомъ, чтобы верхняя ихъ поверхность соответствовала верху полотна (черт. 96). По нивелиру забиваются колья на разстоянїи около 25 саж. одинъ отъ другого. Пользуясь этими кольями, забиваютъ рядъ такихъ-же промежуточныхъ колець, но уже не по нивелиру, а по *визиркамъ*. Визиркою называется приспособленїе, показанное на черт. 97, сложенное изъ двухъ тонкихъ досчечокъ. Визирками пользуются такъ: устанавливаютъ двѣ визирки на колья, забытые по нивелиру, а между ними третью, упирая ее въ землю. Смотрять на крайнія визирки и говорятъ рабочему, держащему третью визирку, насколько приблизительно ее надо опустить въ землю, чтобы верхнія грани всѣхъ трехъ визирокъ пришлись на одной линїи. Рабочій дѣлаетъ ямку, забиваетъ колышекъ и ставитъ на него визирку; провѣряютъ положенїе визирки, приказываютъ, если нужно, еще опустить, пока всѣ три визирки не будутъ на одной прямой, т. е. пока горизонтальныя планки ихъ не расположатся въ одной плоскости. Назначивъ достаточное количество точекъ на оси, приступаютъ къ рытью канавокъ поперегъ выемки, съ тѣмъ чтобы получить проектный поперечный ея профиль. При этомъ пользуются иногда описаннымъ уже выше лекаломъ, которое должно плотно ложиться на дно канавки, не давая просвѣтовъ. Когда будетъ сдѣлано достаточное число подобныхъ канавокъ, при-

ступаютъ къ снятію слоя земли между канавками. Подобнымъ-же образомъ нивелируется дно кюветовъ. Для срѣзки излишка земли на откосахъ, прорываются канавки по линіи наибольшаго уклона, провѣряются откоснымъ лекаломъ, а затѣмъ срѣзается земля между канавками.

Снятіе тонкаго слоя скалы представляетъ трудную и дорогую работу, а потому скалистые выемки разбираются сразу во весь проектный профиль. Откосы такихъ выемокъ не могутъ, очевидно, представлять правильную плоскость.

Если выемка разрабатывалась при помощи пути, то вышеописанной тщательной чистой отдѣлки собственно полотна не производится и выемка роется сразу во всю проектную глубину. Правильное положеніе пути въ этомъ случаѣ регулируется балластомъ, слой котораго поэтому можетъ быть неодинакой толщины. Отсутствіе чистой отдѣлки полотна въ выемкѣ можетъ отзываться на правильности отвода воды изъ-подъ балластнаго слоя.

Образованіе насыпей.

Вслѣдствіе того, что насыпь возводится изъ матеріала разрыхленнаго, т. е. изъ болѣе или менѣе крупныхъ кусковъ грунта, въ ней образуются пустоты. Пустоты эти, если куски грунта могутъ измѣнять свою форму или измельчаться, постепенно могутъ заполняться, насыпь при этомъ уплотняется и уменьшается въ высотѣ—*даетъ осадку*.

Такъ какъ осадка насыпи есть явленіе неизбежное, то ее принимаютъ во вниманіе при назначеніи рабочей высоты насыпи, а именно: насыпямъ даютъ излишекъ въ высотѣ „на осадку“. Величина осадки не можетъ быть опредѣлена вполне точно, а потому, независимо отъ приданія излишка въ высотѣ, принимаютъ особыя мѣры для уменьшенія самой осадки, главнымъ образомъ стараются уменьшить число и размѣры пустотъ, т. е. сдѣлать насыпь болѣе плотною. Такое уплотненіе достигается различными способами: употребленіемъ смѣшаннаго матеріала—крупнаго съ мелкимъ, легко про-

находящимъ въ пустоты между отбѣльными большими комьями или кусками, трамбованіемъ, укатываніемъ и т. п. Наилучшее заполненіе пустотъ можетъ достигаться при употребленіи сухаго песку, однако, пользование имъ возможно въ томъ только случаѣ, если песокъ падаетъ подъ рукою, такъ какъ песку для заполнения пустотъ между кусками и комьями грунта нужно много, отъ $\frac{1}{2}$ до $\frac{2}{3}$ объема всей насыпи. Трамбованіе насыпи въ томъ только случаѣ достигается цѣли, если толщина трамбуемого слоя не велика, не выше 0,15 — 0,25 саж. Трамбованіе идетъ медленно и обходится дорого, а потому употребляется рѣдко. Нѣчто подобное трамбованію достигается въ томъ случаѣ, если матеріалъ насыпи сбрасывается съ большой высоты. При этомъ комья грунта съ большою сравнительно силою ударяются объ раньше насыпанные, сминаются ихъ, сминаются сами, частью разбиваются въ мелочь. Однако, достигаемое при этомъ уплотненіе бываетъ далеко не одинаковое по высотѣ и ширинѣ насыпи: ядро уплотняется сильнѣе, чѣмъ наружные слои. Уплотненіе насыпи катками, подобными употребляемымъ на шоссеиныхъ дорогахъ, по дороговизнѣ и медленности работы не употребляется. Главнымъ образомъ укатываніе производится колесами телегъ, въ которыхъ возится земля на насыпь. Этотъ способъ уплотненія признается вообще удовлетворительнымъ, но едва ли онъ можетъ быть признанъ экономичнымъ: трудность движенія по рыхлой ухабистой насыпи должна отражаться на успѣхѣ и стоимости работъ. Нѣкоторое уплотненіе насыпи достигается перевозкою по ней земли въ тачкахъ, опрокидывающихся тележкахъ и особенно паровозомъ. Въ этомъ случаѣ, правда, давленіе передается помощью катальныхъ досокъ и шпаль на большую площадь, а слѣдовательно на единицу площади получается меньшее давленіе, но за то такое уплотненіе не затрудняетъ движенія, а слѣдовательно совершается даромъ. Укатываніе насыпи, равно какъ и трамбованіе, достигаетъ цѣли только при небольшой толщинѣ укатываемыхъ слоевъ. При возкѣ земли паровозами толщина слоя можетъ доходить до 0,50 саж. а при другихъ способахъ во всякъ случаѣ должна быть значительно меньше.

Такимъ образомъ въ видахъ уплотненія насыпи ее желательно сыпать сравнительно тонкими слоями по возможности горизонтальными и ихъ укатывать. Однако, отсыпка насыпи правильными тонкими слоями далеко не всегда примѣняется.

Вообще приемы образования насыпей много и избраніе того или иного зависит отъ различныхъ обстоятельствъ, подобныхъ тѣмъ, которыя были указаны въ статьѣ о выемкахъ. Существующіе приемы можно раздѣлить на два главныхъ типа:

1) Насыпь возводится сразу по всей почти ея длинѣ *) постепенно переходя къ нормальному ея поперечному профилю. Этотъ способъ будемъ называть *продольною отсыпкою*.

2) Насыпь возводится сразу по всему почти ея поперечному профилю и постепенно удлиняется. Этотъ способъ будемъ называть *поперечною отсыпкою*.

Кромѣ этихъ двухъ главныхъ типовъ веденія работъ, есть рядъ вариаций.

Продольная отсыпка. 1) Простѣйшій случай образования будетъ тотъ, когда насыпь вообще не велика и земля берется изъ резервовъ, расположенныхъ вдоль насыпи. Схематически этотъ приемъ работы показанъ на черт. 98.

2) Если земля для насыпи берется изъ выемки, то по поверхности земли (или по небольшой присыпкѣ) прокладывается путь вдоль насыпи. Поѣзда изъ траншеи подвигаются на мѣсто насыпи, выгружаются въ одну или обѣ стороны. Выгрузка ведется не вполнѣ равномерно по длинѣ насыпи: въ пониженныхъ мѣстахъ выгружаютъ земли больше. Когда будетъ вывезено достаточное количество земли, ее разравниваютъ, путь перекладываютъ на насыпь, причемъ ему придается болѣе выгодный продольный профиль, чѣмъ первоначальный.

Образованная такимъ образомъ узкая насыпь уширяется выгрузкою земли по обѣ ея стороны (черт. 99). Затѣмъ путь поднимается подбивкою земли подъ шпалы и насыпь вновь уширяется выгрузкою земли на откосы. Такимъ образомъ идетъ постепенное повышение пути и уширеніе насыпи (черт. 100). Очевидно, при этомъ совершенно не происходитъ уплотненія вновь присыпаемыхъ наклонныхъ слоевъ. Вслѣдствіе необходимости въ частой подъемкѣ пути, работа идетъ медленно и обходится дорого, путь постоянно бываетъ далеко не въ исправномъ состояніи, вслѣдствіе чего гнутся рельсы и т. д.

*) Очень часто насыпь ведется сразу съ двухъ концовъ отъ нулевыхъ точекъ къ срединѣ; въ такомъ случаѣ длиною каждой отдѣльной части насыпи является приблизительно половина длины всей насыпи.

Эти недостатки продольной отсыпки насыпей устраняются при пользованіи *эстакадами*.

Эстакадою называется легкій деревянный помостъ, высотой равный высотѣ насыпи и играющій роль путепровода. Съ этой эстакады производится выгрузка землевозныхъ вагоновъ для образованія насыпи. Земля, падающая съ вагоновъ, сперва ложится въ двѣ параллельныя кучи, а затѣмъ образуется одна куча со впадиною посерединѣ. Нарощиваніе насыпи идетъ слоями приблизительно параллельными откосамъ (черт. 101). Послѣ окончанія насыпи верхній настилъ эстакады снимается, а стойки вытаскиваются или оставляются въ насыпи. Послѣднее при дешевизнѣ лѣса выгоднѣе. Оставленіе стоекъ въ насыпи, особенно высокой, совершенно безвредно. Пользованіе эстакадами особенно выгодно въ томъ случаѣ, когда въ насыпи располагаются труба или мостъ. Эстакада даетъ возможность возводить насыпь независимо отъ состоянія работъ по искусственнымъ сооруженіямъ (мосты, трубы), увеличивать количество двойныхъ работъ и т. п. По даннымъ австрійскихъ жел. дорогъ пользованіе эстакадами признается выгоднымъ при высотѣ насыпей въ 2 пути отъ 2,5 mt, при цѣнѣ на лѣсъ въ 25 крейцеровъ за кубическій футъ. При этомъ устройство эстакады при высотѣ насыпи въ 5 метровъ ложится 20 крейцерами на 1 куб. метръ насыпи, а при высотѣ въ 10 метр. — 16 крейцерами. Типы эстакадъ показаны на чертежахъ 102 и 103.

3) Изъ выемки или резерва прокладывается путь непосредственно по землѣ и при помощи этого пути вывозится земля, выгружаемая вдоль всего пути но не равномерно: у конца пути больше. По мѣрѣ вывозки земли, путь сдвигается въ сторону, пока не будетъ выведенъ нижній слой во всю ея ширину. Послѣ этого выгруженная земля выравнивается и на нее перекладывается путь, которому при этомъ придается болѣе пологій уклонъ. Затѣмъ начинается вывозка второго слоя, причемъ путь передвигается по поверхности перваго слоя и тѣмъ уплотняетъ послѣдній (черт. 104) Когда вывезенъ будетъ второй слой, переходятъ къ третьему и т. д. Съ переходомъ пути съ одного слоя насыпи на другой, постепенно измѣняется уклонъ и длина пути. Когда будетъ достигнутъ наивыгоднѣйшій уклонъ, дальнѣйшее возведеніе насыпи идетъ слоями равной толщины. Постепенный ростъ насыпи въ продольномъ направленіи, возводимой по этому способу, показанъ на черт. 105.

4) Для отсыпки насыпей изъ резервовъ, расположенныхъ вдоль оси дороги, Henz рекомендуетъ слѣдующій способъ. Работа начинается у высшей точки насыпи (около искусственнаго сооруженія) отсыпкою узкой призмы во всю ширину насыпи, затѣмъ катальныя доски кладутся на самую призму и ее уширяютъ новыми присыпками. Когда 1-я призма достаточно уширится, начинаютъ сыпать вторую призму, продолжая вмѣстѣ съ тѣмъ сыпать и первую, затѣмъ переходятъ къ третьей, четвертой и т. д. призмѣ. Полный ходъ работъ показанъ схематически на чертежахъ 106 и 107. Пунктиромъ показаны послѣдовательныя положенія катальныхъ досокъ на призмѣ. Толщина отсыпаемыхъ слоевъ около 1 mtr, уклонъ слоевъ около $\frac{1}{15}$ и не болѣе $\frac{1}{10}$. Послѣ того какъ рядъ призмъ будетъ отсыпанъ, производится выравниваніе, или планировка откосовъ и верхней поверхности насыпи.

Поперечная отсыпка. Работа можетъ вестись на одномъ уровнѣ или на двухъ—трехъ уровняхъ, какъ показано схематически на черт. 108 и 109.

Земля, привозимая на насыпь, выгружается у ея конца или такъ называемой *головы*. Поэтому наиболѣе подходящими перевозочными средствами являются тачки, телѣжки и одиночныя вагоны, опрокидывающіеся назадъ. Пользованіе цѣлыми поѣздами изъ вагоновъ опрокидывающихся въ сторону возможно только въ нижнихъ, болѣе широкихъ слояхъ насыпи. При этомъ способѣ можно также пользоваться небольшими эстакадами, постепенно перемѣщаемыми, сообразно удлинению насыпи. Эти эстакады иногда дѣлаются подвижными и для ихъ перекатыванія устраивается особый путь (черт. 110).

При образованіи большихъ насыпей, въ зависимости отъ мѣстныхъ условій, можетъ оказаться выгоднымъ нижніе слои возить изъ резервовъ, а верхніе изъ выемки.

Свѣжія присыпки къ насыпи не скоро слеживаются съ ранѣе насыпанною землею, а потому насыпи сыпятся всегда съ излишкомъ, съ тѣмъ чтобы для приданія имъ окончательнаго профиля нужно было срѣзать этотъ излишекъ, а не присыпать. Срѣзка излишка дѣлается тѣмъ же способомъ, какъ и срѣзка недобора въ выемкахъ. Въ

случаѣ же надобности сдѣлать присыпку, соотвѣтственная часть насыпи срѣзается уступами (черт. 111), а присыпаемая земля кладется слоями и трамбуется.

Очевидно, подобное приведеніе насыпи къ окончательному виду возможно въ томъ лишь случаѣ, если на ней нѣтъ пути. Если путь уложенъ, и при томъ нормальной колеи, то обыкновенно этотъ временной путь, служившій для отсыпки насыпи, обращается въ постоянный, подсыпкою подъ него балласта и т. д. Въ этомъ случаѣ верхняя поверхность полотна остается безъ окончательной отдѣлки, что, при неблагоприятныхъ условіяхъ, можетъ препятствовать правильному отводу воды изъ подъ балласта.

Засыпка искусственныхъ сооружений. Въ большинствѣ случаевъ посрединѣ длинныхъ и высокихъ насыпей располагается искусственное сооруженіе—мостъ или труба. Присутствіе такого сооружения вліяетъ на выборъ способа производства работъ, а равно требуетъ особыхъ предосторожностей при засыпкѣ ихъ.

Если по обѣимъ сторонамъ насыпи имѣются выемки, матеріаль изъ которыхъ можетъ быть употребленъ на образованіе насыпи, то удобнѣе всего сыпать части насыпи, расположенныя по обѣ стороны искусственнаго сооружения, изъ ближайшихъ выемокъ, принимая продольную или поперечную отсыпку. При этомъ между головами насыпей оставляется промежутокъ, который приходится заполнить послѣ возведенія искусственнаго сооружения. Если выемка, дающая матеріаль для насыпи, имѣется съ одной только стороны, то можно устроить эстакаду, съ которой сыпать насыпь съ перерывомъ у искусственнаго сооружения, или же, для образованія хотя бы только нижнихъ слоевъ насыпи (до окончанія искусственнаго сооружения) съ другой стороны искусственнаго сооружения, можно спустить путь съ первой части насыпи, перейти временнымъ мостомъ русло потока, и затѣмъ постепенно подниматься на вновь насыпаемые слои. По окончаніи искусственнаго сооружения, остается засыпать ихъ и досыпать только верхніе слои насыпи.

Засыпку собственно искусственныхъ сооружений, особенно трубъ, слѣдуетъ производить тонкими горизонтальными слоями, съ утрамбовкою, симметрично съ обѣихъ сторонъ. Ссыпать землю съ эстакады можно только послѣ того, когда труба будетъ засыпана тон-

кими слоями покрайней мѣрѣ на высоту, равную высотѣ трубы и на ширину, равную двойной высотѣ (черт. 112). Во всякомъ случаѣ слой трамбованный земли надъ трубою не долженъ быть менѣе одной сажени.

Если можно опасаться осѣданія основанія насыпи, т. е. поверхности земли, на которой она возводится, то передъ засыпкою трубы, особенно если она построена на сваяхъ, надо дать время основанію насыпи принять полную осадку *) Въ этомъ случаѣ насыпь слѣдуетъ не доводить до искусственнаго сооруженія сажень на 20. При постройкѣ одной изъ бельгійскихъ жел. дорогъ эта предосторожность не была принята и въ результатѣ получилось слѣдующее. Въ насыпи образовались наклонныя трещины *ab* (черт. 113), боковыя части ея осѣли, а средній клинъ всею своею тяжестью налегъ на трубу. Труба не выдержала давленія и разрушилась. Вода ручья, съ потерей прохода по трубѣ, затопила мѣстность выше насыпи, образовала значительный подпоръ и, наконецъ, прорвала насыпь.

Объ основаніяхъ насыпей.

Основаніемъ всякаго сооруженія называется поверхность слоя грунта, непосредственно воспринимающаго давленіе сооруженія. Въ однихъ случаяхъ основаніемъ можетъ служить поверхность земли въ ея естественномъ состояніи, въ другихъ приходится производить особыя работы для подготовки земли къ воспринятію давленія сооруженія. При возведеніи опоръ мостовъ и т. п. очень часто основаніе ихъ располагается на глубинѣ нѣсколькихъ сажень отъ поверхности земли. При возведеніи сооруженій земляныхъ — насыпей, занимающихъ сравнительно большую площадь въ планѣ, устройство достаточно солидныхъ основаній можетъ обходиться довольно дорого, а потому обыкновенно довольствуются основаніями болѣе слабыми, иногда же впадаютъ въ крайность и совершенно игнорируютъ вопросъ объ устройствѣ основанія подъ насыпи.

Основаніе насыпи должно удовлетворять слѣдующимъ условіямъ:

- 1) оно не должно позволять насыпи перемѣщаться по основанію;

*) Болѣе рационально приступать къ забивкѣ свай подъ искусственное сооруженіе послѣ того какъ возведенная насыпь дастъ полную осадку основанія, однако, это далеко не всегда исполнимо.

- 2) само не должно перемѣщаться въ направленіи горизонтальномъ;
- 3) должно давать небольшую и, главное, равномерную осадку.

Давленіе, производимое насыпью, можно принимать вертикальнымъ, а потому перемѣщеніе насыпи по основанію возможно въ томъ только случаѣ, если послѣднее расположено наклонно, и если уголъ наклоненія основанія къ горизонту болѣе угла тренія подошвы насыпи по основанію. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, даже и при предѣльномъ наклоненіи основанія къ горизонту, нельзя опасаться сползанія насыпи, на примѣръ если послѣдняя пересѣкаетъ глубокую долину (черт. 114), имѣющую небольшой продольный уклонъ, такъ какъ части насыпи, сползая по основаніямъ *ab* и *cd* въ противоположныя стороны, будутъ удерживать одна другую. Во всѣхъ же остальныхъ случаяхъ приходится принимать особыя мѣры, обезпечивающія устойчивость насыпи, располагаемой на мѣстности, имѣющей значительное наклоненіе къ горизонту. Мѣры эти сводятся главнымъ образомъ къ замѣнѣ слишкомъ наклоннаго основанія—ступенчатымъ и къ увеличенію тренія насыпи по основанію.

Уступчатое основаніе (черт. 115) подъ насыпь слѣдуетъ дѣлать въ томъ случаѣ, если мѣстность имѣетъ уклонъ въ сторону возможнаго перемѣщенія *) насыпи круче $\frac{1}{10}$. Для того чтобы подобныя ступени или уступы дѣйствительно исполняли свое назначеніе, они должны имѣть достаточныя размѣры. Заграницею принимается за minimum ширина уступа въ 2 метра, слѣдовательно около 1 саж. У насъ ширина уступа бываетъ гораздо меньше. Уступы въ томъ только случаѣ могутъ удерживать насыпь отъ сползанія, если они сами не могутъ быть срѣзаны или сколоты давленіемъ насыпи. Поэтому устройство уступовъ въ мягкомъ грунтѣ будетъ совершенно бесполезно. Уступы должны проникать до твердаго, благонадежнаго слоя грунта, а потому, въ случаѣ надобности, верхній слабый грунтъ долженъ быть снятъ. Съ уступовъ должна быть отведена вода, съ тѣмъ чтобы она не размягчала матеріала насыпи. Отводъ этотъ можетъ быть достигнутъ приданіемъ уступу небольшого ската въ на-

*) Обыкновенно уступами устраняется возможность скольженія насыпи по направленію нормальному къ длинѣ, но уступы не менѣе полезны и при большомъ продольномъ уклонѣ земли, особенно если насыпь прерывается мостомъ, а потому сползеніе ея можетъ угрожать устойчивости устоевъ моста.

правленіи поперечномъ, или продольномъ. Въ послѣднемъ случаѣ скаты всѣхъ уступовъ сводятся къ одному мѣсту, гдѣ и устраивается лотокъ или дренажъ, отводящій воду изъ подъ насыпи внаружу.

При очень крутыхъ косогорахъ уступы дѣлаются наклонные (зубцы), какъ показано на чертежѣ 116.

Вслѣдствіе неодинаковой высоты частей насыпи, возведенной на ступенчатомъ основаніи, въ ней является стремленіе къ неравномѣрной осадкѣ, появляются продольныя трещины (черт. 115). Насыпь можетъ быть обезпечена отъ расползанія и обрушенія отсыпкою ея правильными горизонтальными слоями съ уплотненіемъ cadaго слоя.

Устойчивость насыпей на косогорахъ можетъ быть также достигнута устройствомъ *контръ-банкетовъ* (черт. 117), которые должны удовлетворять слѣдующимъ условіямъ.

1) Для того чтобы контръ-банкетъ могъ дѣйствительно служить опорой, его объемъ долженъ быть не менѣе $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$ самой насыпи.

2) Подошва контръ-банкета должна упираться въ безспорно неподвижный слой грунта.

3) Матеріаль контръ-банкета долженъ быть возможно тяжелый; камень является наиболѣе подходящимъ. Кромѣ камня можно пользоваться пескомъ и другими грунтами, но ихъ нужно сыпать тонкими слоями и сильно утрамбовывать.

4) Отъ контръ-банкета должна быть отведена вода какъ грунтовая, такъ и дождевая, съ тѣмъ чтобы онъ былъ сухъ и плотенъ.

Треніе насыпи по основанію сильно измѣняется отъ присутствія воды въ томъ или другомъ. Такъ, каменная насыпь, неразмокаемая сама по себѣ, можетъ сползти по мокрому глинистому грунту, или насыпь изъ влажной глины можетъ сползти по скалѣ. Опасность сползанія глинистой насыпи по глинистому или песчаному основанію, очевидно, еще больше. При такихъ условіяхъ увеличеніе тренія достигается осушеніемъ насыпи и ея основанія. Насыпи, въ которыхъ нѣтъ глинистыхъ частицъ, осушаются сами собою довольно удовлетворительно и нужно стараться только отвести воду, которая можетъ просачиваться изъ насыпи. Это можетъ быть достигнуто употребленіемъ на нижній слой насыпи неразмываемаго водопроницаемаго грунта, напр. крупнаго песку, камня и т. п.

Насыпи, содержащія весьма много глины, просушиваются плохо, а потому нужно стараться употреблять на насыпи возможно сухой

матеріаль и, въ случаѣ надобности, устраивать дренажъ. Во всякомъ случаѣ осушеніе собственно насыпи представляетъ собою сравнительно легко рѣшимую задачу, такъ какъ всегда имѣется возможность дать стокъ водѣ изъ нея. Гораздо труднѣе бываетъ осушеніе основанія, такъ какъ зачастую мѣстность почти не имѣетъ уклона. Осушеніе основанія насыпи достигается дренажемъ. Иногда достаточно глубокіе резервы въ значительной степени осушаютъ слой грунта непосредственно воспринимающій давленіе насыпи. Верхніе слои грунта часто заключаютъ въ себѣ ключи, отводъ ихъ изъ подъ насыпи является вещью обязательною. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ вмѣсто устройства дренажа выгоднѣе бываетъ снять весь верхній слабый слой. Такъ, на примѣръ при устройствѣ насыпи съ московской стороны у трубы черезъ р. Веребью на Николаевской жел. дорогѣ былъ снятъ верхній слой грунта толщиной 0,50 — 0,70 саж. и шириною до 50 саж.

Дернъ, будучи плохо размываемымъ матеріаломъ, если вода течетъ по его поверхности, можетъ быть, однако, причиною сползанія по немъ глинистой насыпи. Поэтому признано вообще полезнымъ дернъ снимать *).

При возведеніи насыпей высотой около 0,5 саж. слѣдуетъ корчевать пни. Необходимость корчевки объясняется тѣмъ, что послѣ сгниванія ихъ въ насыпи могутъ образовываться пустоты, а за ними неправильныя осадки. При высокихъ насыпяхъ объемъ пней слишкомъ малъ по сравненію съ объемомъ насыпи и появляющіяся въ нихъ пустоты не могутъ имѣть серьезнаго значенія.

Неподвижность собственно основанія насыпи въ горизонтальномъ направленіи зависитъ отъ геологическихъ условій мѣстности: наклона пластовъ, присутствія водоносныхъ слоевъ и т. д. Въ нашемъ распоряженіи находится только осушеніе основанія, а потому обезпечивать основанію неподвижность мы можемъ лишь по стольку, по скольку она зависитъ отъ воды, однако, болѣе подробно касаться здѣсь этого вопроса мы не можемъ.

Осадка основанія, если только послѣднимъ не служитъ скала, есть явленіе неизбежное и, если осадка правильна, равномерна, то

*) Дернъ имѣетъ самостоятельную цѣнность, какъ матеріаль для покрытія откосовъ и т. п.

она не можетъ причинить насыпи никакого вреда; понадобится только излишекъ въ высотѣ насыпи „на осадку основанія“ для достиженія проектной высоты оси полотна.

Осадка основанія происходитъ отъ сжатія матеріала основанія или отъ выпирания матеріала основанія въ стороны. Грунты сухіе глинистые, песчаные, щебенистые сжимаются вообще мало и равномерно, т. е. пропорціонально величинѣ производимаго на нихъ давленія. Грунты растительные сжимаются сильно и неравномѣрно. Особенно плохъ въ этомъ отношеніи болотный грунтъ.

Выпирание матеріала основанія въ стороны можетъ случаться въ томъ случаѣ, если подъ поверхностью земли встрѣчается легкоподвижный разжиженный грунтъ глинистый, илистый, болотный. Выпирание матеріала основанія изъ подъ насыпи иногда сопровождается выпучиваніемъ поверхности земли по сторонамъ насыпи (черт. 118).

При возведеніи насыпей на грунтахъ первой категоріи, т. е. мало сжимаемыхъ, работы по устройству основанія ограничиваются корчеваніемъ (при высотѣ насыпей около 0,5 саж.), снятіемъ дерна, осушеніемъ верхняго слоя или снятіемъ его; при благопріятныхъ же условіяхъ никакихъ работъ по устройству основанія дѣлать не приходится, насыпь возводятъ непосредственно на поверхности земли.

Предусмотрѣть возможность выпирания грунта пожалуй возможно путемъ его изслѣдованія, но предотвратить едва ли возможно. Въ этомъ случаѣ для полученія проектнаго положенія оси полотна придется ограничиться соотвѣтственною присыпкою насыпи въ высоту, т. е. принять большую красную отмѣтку.

При неблагонадежныхъ основаніяхъ, напр. если можно опасаться бокового ихъ перемѣщенія, рациональнѣе обойти такое мѣсто.

При возведеніи насыпей на сильно сжимаемыхъ грунтахъ, независимо отъ соотвѣтственной присыпки, надо позаботиться объ увеличеніи равномерности осадки. Такая равномерность, главнымъ образомъ, достигается равномернымъ нагруженіемъ основанія, которое можетъ происходить при отсыпкѣ насыпи тонкими слоями во всю ея ширину. Съ цѣлью увеличить равномерность осадки были случаи употребленія плотовъ: на поверхность земли клались бревна по направленію ширины насыпи и на эти бревна сыпалась земля. Способъ этотъ, очевидно, примѣнимъ только въ тѣхъ мѣстностяхъ, гдѣ

лѣсъ очень дешевъ. Бревенчатые плоты съ успѣхомъ замѣняются фашинными тюфяками *).

Возведеніе насыпей на болотахъ представляетъ наиболѣе трудную задачу, а потому остановимся на ней нѣсколько подробнѣе.

Составъ болота, а съ нимъ и способность его нести нагрузку, варьируетъ въ весьма широкихъ размѣрахъ. Такъ, бываютъ болота, состоящія изъ сравнительно твердой коры, постепенно переходящей въ жидкую массу; состоящія изъ коры, плавающей на чистой водѣ; наконецъ, представляющія почти однообразную по густотѣ массу на всю глубину болота. Глубина болотъ бываетъ весьма различна, но обыкновенно въ нихъ можно найти дно, болѣе или менѣе плотное (глинистое), способное выдерживать значительную нагрузку.

Наиболѣе удачное рѣшеніе задачи о возведеніи насыпи на болотѣ—это погруженіе ея на дно. Для успѣшнаго выполненія этой работы слѣдуетъ возможно точнѣе выяснить себѣ составъ или строеніе болота.

Болота съ достаточною твердою и толстою корою могутъ выдерживать невысокія насыпи, давая, положимъ, большую осадку, но кора при этомъ не разрывается. Въ этомъ случаѣ насыпь обладаетъ нѣкоторою упругостью. При возведеніи высокихъ насыпей даже и толстая кора будетъ постепенно осѣдать и насыпь можетъ установиться только тогда, когда кора сядетъ на дно. Также самое слѣдуетъ сказать и о насыпяхъ невысокихъ, возведенныхъ на болотѣ съ тонкою корою. Вслѣдствіе совершенной невозможности предусмотрѣть—выдержитъ ли кора данную насыпь, весьма рискованно начинать такую работу безъ принятія особыихъ мѣръ. Рискъ заключается въ томъ, что кора можетъ прорваться неожиданно и насыпь опрокинется. Въ виду возможности, а иногда и неизбѣжности такого разрыва, опаснаго, главнымъ образомъ, по своей неправильности, дѣлаютъ предварительный разрѣзъ коры помощью канавъ и тѣмъ опредѣляютъ направленіе разрыва. Канавы въ большинствѣ случаевъ достаточно прорыть глубиною 0,3—0,5 саж., шириною 0,25—0,35 саж. на разстояніи 0,5—1,0 саж. отъ бровки откоса.

Полоса коры между разрѣзами служитъ пловучимъ плотомъ, под-

*) См. курсъ водяныхъ сообщеній.

держивающимъ насыпь пока она не осядетъ на дно. Для того чтобы этотъ плотъ не опрокинулся или не разорвался поперекъ, его надо нагружать равномерно по всей площади, слѣдовательно, здѣсь непримѣнима отсыпка съ головы т. е. постепенное выдвиганіе насыпи.

Вслѣдствіе того, что средняя часть насыпи даетъ большую нагрузку, чѣмъ откосы, первая всегда осѣдаетъ больше, а главное скорѣе. Поэтому окончательно погруженная въ болото насыпь вначалѣ имѣетъ видъ, показанный на чертежѣ 119, въ послѣдствіи-же полосоы коры подъ откосами тоже опускаются и насыпь принимаетъ профиль, показанный на томъ-же чертежѣ пунктиромъ. Придавая откосамъ во время работъ полуторный уклонъ, можно опасаться, что съ полною осадкою коры откосы станутъ слишкомъ крутыми и начнутъ ползти.

Поэтому рабочему профилю такой насыпи надо давать болѣе пологіе откосы.

Пробовали, ради устраненія подобнаго явленія, сперва отсыпать откосы, а затѣмъ заполнять ядро насыпи, но это можетъ сопровождаться разрывомъ коры: кора прогибается такъ, какъ показано на чертежѣ 120, болотная масса, зажатая корою, не можетъ выбраться въ стороны, разрываетъ кору, проникаетъ въ насыпь и тѣмъ ее окончательно портитъ. Подобный случай былъ при постройкѣ Nieder-schlesisch-Märkische-Bahn: при глубинѣ болота въ 11 mtr. и высотѣ насыпи въ 3 mtr. надъ поверхностью, болотный грунтъ, прорвавъ кору, образовалъ трещину въ насыпи и вышелъ на поверхность полотна. При проведеніи дороги черезъ Laibach'ское болото, работу начали съ того, что на нѣкоторомъ разстояніи отъ нижнихъ бровокъ откосовъ сложили банкеты изъ камня и затопили кору. Выдавленный въ серединѣ болотный грунтъ былъ удаленъ и на его мѣстѣ была возведена насыпь отъ 2 до 3 mtr. высотой.

При возведеніи насыпи на болотной корѣ является неопредѣленнымъ вопросъ о той ширинѣ, которую надо придать насыпи понизу. Дѣйствительно: если подъ твердою корою расположена довольно густая масса, то она можетъ или сжаться, уплотниться и войти такимъ образомъ въ составъ нижняго слоя насыпи или выдавиться въ стороны—въ такомъ случаѣ высота подводной части насыпи будетъ не многимъ менѣе глубины болота (на толщину сжатой коры). Въ виду такой неопредѣленности осторожнѣе рассчитывать на макси-

мальную ширину, но это неизбежно удорожаетъ работу. Если кора тонка, то ее иногда снимають и насыпь сыпять прямо со дна.

Болота топкія, безъ коры, приходится засыпать съ головы и сыпать до тѣхъ поръ, пока не перестаетъ осѣдать насыпь.

Работать на болотѣ зимою ни въ какомъ случаѣ не слѣдуетъ, хотя это и кажется болѣе удобнымъ, особенно, на болотахъ топкихъ. Зимою, когда кора частью промерзла, трудно ее заставить разрываться по вполнѣ опредѣленному направленію. При малѣйшей неосторожности можно опрокинуть насыпь или, по крайней мѣрѣ, настолько перемѣшать матеріаль насыпи съ болотнымъ грунтомъ, что потомъ нельзя уже будетъ рассчитывать на вполнѣ благонадежное состояніе сооруженія. Если-бы удалось возвести насыпь на болотѣ зимою, то весною не всегда можно рассчитывать на удачное ее топленіе.

При большомъ протяженіи болотъ и торфяниковъ, невольно возникаетъ вопросъ о томъ откуда брать годную землю для насыпей и нельзя-ли пользоваться для нихъ торфомъ. Прежде этотъ вопросъ рѣшался въ отрицательномъ смыслѣ, какъ вслѣдствіе большой сжимаемости, такъ и горючести торфа въ сухомъ состояніи. Въ настоящее же время вопросъ стоитъ иначе: опытъ постройки нѣкоторыхъ дорогъ показалъ, что торфяныя насыпи могутъ хорошо держаться, ихъ можно защитить отъ пожара, а упругость ихъ оказалась даже полезною, дѣлая упругимъ самый рельсовый путь. Такъ *Vogrommersche Bahn* цѣлыми милями проходитъ по торфянымъ насыпямъ высотой 0,3—1,25 mtr., покрытымъ слоемъ песка толщиной 0,5—0,8 mtr. У насъ въ Россіи подобныя насыпи имѣются на Риги-Динабургской и Московско-Рязанской жел. дор. *), гдѣ покрывкою насыпей служитъ песчанистая глина.

Нѣкоторыя частности вопроса о выемкахъ въ разныхъ грунтахъ и насыпяхъ изъ разныхъ грунтовъ и на разныхъ грунтахъ.

Выемки въ скалистомъ грунтѣ. Въ сплошной невывѣтривающейся скалѣ откосы можно дѣлать совершенно отвѣсныя и даже на-

*) Эти свѣдѣнія о русскихъ жел. дор. пришлось почерпнуть изъ иностранныхъ источниковъ (1).

висающіе (черт. 121). У насъ послѣдніе откосы не допускаются во-
все, а при пользованіи откосами отвѣсными ставится требованіе *),
чтобы начало отвѣснаго откоса было удалено отъ ребра кювета нор-
мальной ширины на половину заложенія откоса въ $\frac{1}{10}$. Такъ напр.
при глубинѣ выемки въ 5 саж., заложеніе откоса въ $\frac{1}{10}$ равно
0,5 саж., а потому при допущеніи отвѣснаго откоса выемка должна
быть уширена на 0,25 саж. въ каждую сторону (черт. 122). Подоб-
ное уширеніе выемокъ съ отвѣсными откосами дѣлается съ тою цѣлью,
чтобы выкрашивающіеся изъ откоса камни не могли засорять пути.
Въ грунтахъ легко вывѣтривающихся отвѣсныхъ откосовъ допускать
не слѣдуетъ. Въ грунтахъ слоистыхъ такіе откосы допустимы въ
томъ случаѣ, если напластованіе горизонтально, если простираніе
слоевъ перпендикулярно къ длинѣ выемки, или съ той только сто-
роны выемки съ которой паденіе слоевъ идетъ отъ выемки въ сто-
рону. Въ слабой скалѣ, а равно и твердой но слоистой, при иномъ
направленіи напластованія, крутизна откосовъ варьируетъ въ широ-
кихъ предѣлахъ между $\frac{1}{2}$ и $\frac{1}{10}$. Направленіе напластованія влія-
етъ на крутизну такихъ откосовъ, а именно: тотъ откосъ, въ кото-
ромъ слои наклонены въ сторону выемки, дѣлаютъ болѣе пологимъ,
чѣмъ противоположный (черт. 4). Если наслоеніе не очень круто
и не слишкомъ полого, откосъ слѣдуетъ располагать по слою (черт. 123).
При слишкомъ крутомъ напластованіи можно опасаться обрушенія
слоя, а при слишкомъ пологомъ напрасно увеличивается объемъ
выемки.

Большая пологость откосовъ въ скалѣ съ крутыми слоями до-
стигается устройствомъ уступовъ. Очень часто въ слоистой породѣ
встрѣчаются водоносные и слабые прослойки. Если такой прослоекъ
отдѣляетъ только верхнюю часть откоса, выгоднѣе обнажить грунтъ
по самому прослойку, если-же прослоекъ выходитъ на поверхность
откоса въ нижней его части, то выемкѣ угрожаетъ опасность завала
отъ сползанія откоса. Опасность эта можетъ быть предотвращена
отводомъ воды изъ прослойка въ верхней его части или поддержа-
ніемъ откоса каменною стѣнкою, которая-бы упиралась въ дно выемки.
Очень часто слои скалы чередуются со слабымъ грунтомъ, кото-

*) Напр. по Технич. Услов. сооруженія Тивибульскаго участка Закавказской
жел. дороги.

рый может выдавливаться подъ давленіемъ вышележащихъ. Чтобы предохранить слабый грунтъ отъ разрушенія и поддержать слой скалы, пользуются каменными стѣнками, которыя одновременно защищаютъ слабый грунтъ отъ вывѣтриванія и служатъ опорами для скалистаго слоя (черт. 124). Такія стѣнки возводятся не сразу по всей длинѣ выемки, а участками по нѣсколько сажень съ такими-же перерывами. Когда рядъ такихъ стѣнокъ будетъ возведенъ, закладываются оставленные ранѣе промежутки.

Если слой скалы попадаетъ въ массѣ слабого землистаго грунта, то ради экономіи скалу не срѣзаютъ за подъ лицо съ остальною частью откоса, позволяя ей выступать въ наружу (черт. 125).

Если слой скалы покрытъ толстымъ слоемъ мягкаго грунта, то откосъ дѣлается разной пологости и на поверхности скалы оставляется берма, шириною около 0,20—0,30 саж., для склада на ней продуктовъ обрушенія откоса слабого грунта (черт. 126). Если при этомъ поверхность скалы имѣетъ значительный уклонъ, то для удержанія мягкаго грунта отъ сползанія прибѣгаютъ къ устройству контрбанкетовъ (черт. 127) изъ сухой кладки или кладки на растворѣ.

Вслѣдствіе трудности взрыванія скалы тонкимъ слоемъ, нужные для отвода воды кюветы образуютъ общимъ углубленіемъ, т. е. пониженіемъ дна выемки и огражденіемъ балластнаго слоя двумя стѣнками изъ сухой кладки (черт. 128) или кладки на растворѣ.

Откосы скалистыхъ выемокъ вообще мало нуждаются въ укрѣпленіи, однако, при сильно вывѣтривающихся породахъ укрѣпленіе необходимо. Очень часто укрѣпленіе имѣетъ цѣлью только не допустить во внутрь откоса стекающей по немъ воды. Въ этомъ случаѣ укрѣпленіе заключается въ покрытіи откоса тонкимъ слоемъ кладки или растительной земли, которая затѣмъ засѣвается травою.

Насыпи изъ скалистаго грунта. Скала отличается наибольшою разрыхляемостью при разработкѣ, а потому для образованія единицы объема насыпи требуетъ наименьшее количество матеріала, но вмѣстѣ съ тѣмъ въ насыпи образуется наибольшее количество пустотъ. Если матеріаломъ насыпи служить твердый невывѣтривающійся камень, то отдѣльные куски его, не раздробляясь отъ нагрузки, неопредѣленно долгое время сохраняютъ свою форму и взаимное положеніе; пустоты въ насыпи остаются незаполненными, а потому такія насыпи почти не даютъ осадки. Наоборотъ, если матеріаломъ насыпи служить

камень мягкій, вывѣтривающійся, то онъ постепенно разрушается какъ подъ вліяніемъ нагрузки вышележащихъ слоевъ, такъ и отъ вывѣтриванія. Осколки разрушившагося камня идутъ на заполненіе пустотъ между нижележащими, въ насыпи происходитъ движеніе, вся насыпь осѣдаетъ. Такое осѣданіе насыпи изъ мягкаго камня можетъ быть значительнымъ, вслѣдствіе большого объема пустотъ, и продолжаться весьма долгое время. Для уменьшенія осадокъ насыпей изъ твердаго камня нѣтъ надобности принимать какія либо мѣры, для насыпей же изъ камня мягкаго, онѣ болѣе чѣмъ полезны. Радикальною мѣрою является уменьшеніе объема пустотъ между камнями, которое достигается употребленіемъ мѣшаннаго матеріала: крупнаго съ мелкимъ, камня съ пескомъ, или инымъ сыпучимъ грунтомъ. Если насыпь отсыпается слоями, то слой скалы слѣдуетъ засыпать мягкимъ грунтомъ, который и пойдетъ на заполненіе пустотъ.

Откосы каменной насыпи вообще должны быть достаточно пологими, если только устойчивость отдѣльныхъ камней обусловливается случайнымъ ихъ положеніемъ, какъ это бываетъ при отсыпкѣ насыпей изъ опрокидывающихъ вагоновъ и т. п. Если камни укладываются руками рабочихъ, откосъ можетъ быть значительно круче. Откосы насыпей изъ твердаго невывѣтривающагося камня сохраняются неопредѣленно долгое время, откосы же изъ камня вывѣтривающагося постепенно обсыпаются, становятся болѣе пологими. Въ этомъ случаѣ рациональнѣе сразу придавать насыпямъ болѣе пологіе откосы, обыкновенно полуторные. Чтобы сохранить у насыпи изъ вывѣтривающагося камня болѣе крутые откосы (напр. 4 : 5), послѣдніе можно покрыть слоемъ чернозема и засѣять или одѣть дерномъ. Поверхность каменнаго откоса обыкновенно бываетъ достаточно неровною, для того чтобы черноземъ не могъ съ него сползть. Иногда же съ этою цѣлью откосъ каменной насыпи дѣлается уступчатымъ (черт. 129).

Для образованія насыпей съ откосами 1 : 1, по мѣрѣ отсыпки камня, его слѣдуетъ разравнивать руками, а самые откосы складывать возможно тщательнѣе изъ болѣе крупнаго камня. Если камень слоистый, то при образованіи откоса постели камня располагаютъ нормально къ его поверхности. Иногда наружный слой кладки откоса дѣлается послѣ того, какъ отсыпанное ядро дастъ уже нѣкоторую осадку. Слой кладки откоса врѣзаютъ немного въ землю для большей его устойчивости (черт. 130).

При недостаткѣ камня, его употребляютъ только на образование откосовъ, ядро же дѣлаютъ изъ земли. При этомъ весь откосъ дѣлается каменнымъ или только нижняя его часть (черт. 130 и 131). Подобныя насыпи называются полукаменными. Внутренняя стѣнка каменнаго откоса можетъ имѣть уклонъ въ $1: \frac{2}{3}$ — $1: \frac{1}{2}$ и даже быть совершенно вертикальною. Если на образование откоса употребляется слоистый камень, то для большей устойчивости откоса полезно класть его слоями нормальными къ давленію, которое у поверхности наружнаго откоса принимается параллельнымъ ему, а у внутренняго откоса — вертикальнымъ. При этомъ слои принимаютъ выпуклую форму, показанную на чертежѣ 130.

Путь на каменной насыпи отличается большою жесткостью, а потому, съ цѣлью ея ослабленія, очень часто въ верхней части насыпи располагаютъ земляную призму, по которой и прокладывается путь (черт. 132).

Имѣя небольшое количество плохого камня, послѣдній удобнѣе употреблять на образование внутренняго ядра, а откосы дѣлать земляные.

Въ случаѣ надобности ограничить насыпь или земляную выемку откосомъ круче одиночнаго, пользуются *подпорными стѣнками* изъ сухой кладки или на растворѣ. Нѣсколько подробнѣе въ вопросѣ о такихъ стѣнкахъ будетъ изложено ниже.

Какъ матеріаль основанія скала не составляетъ желанія ничего лучшаго, если только нельзя опасаться, что само основаніе можетъ сползти. Последнее же можетъ случиться только тогда, когда слой камня лежитъ на глинѣ и между ними находится водонесущій прослойекъ. Наклонную наружную поверхность скалы нужно отдѣлывать уступами, или зубцами для предотвращенія сползанія насыпи.

Гравій и песокъ являются вообще хорошими матеріалами откосовъ выемокъ, если только нѣтъ опасности, что цѣлый слой такого грунта можетъ сползти по нижележащему сильно наклонному слою глины. Сами по себѣ откосы держатся хорошо, но для защиты ихъ отъ размыва дождевою водою *) полезно, а для песка и необходимо,

*) Въ неглубокихъ выемкахъ откосы въ гравелистомъ грунтѣ совѣтуютъ дѣлать вертикальными: дождевая вода, не задерживаясь на откосѣ, не размягчаетъ грунта, а потому для обрушенія откоса нѣтъ причинъ.

покрывать дерномъ или черноземомъ, а послѣдній засѣвать. Откосы въ мелкомъ пескѣ, будучи не одѣтыми, могутъ раздуться вѣтромъ. Мелкій песокъ съ примѣсью глины обладаетъ плавучестью, подобные откосы надо осушать и покрывать одеждою.

Гравій и чистый, не слишкомъ мелкій песокъ служатъ оними изъ лучшихъ матеріаловъ для образованія насыпей, благодаря ихъ неразжижаемости, водонепроницаемости, плотной укладкѣ частицъ при отсыпкѣ, благодаря которой осадка насыпи бываетъ ничтожна. Небольшая примѣсь глины къ гравію дѣлаетъ насыпь еще плотнѣе, не влияя на другія ея качества. Нѣкоторая примѣсь глины къ крупному песку, при условіи сухости матеріала, даже полезна, связывая отдѣльныя песчинки въ сплошную массу. Насыпи изъ чистаго мелкаго песку нуждаются въ защитѣ отъ размыва дождевою водою и раздуванія вѣтромъ.

Гравій и мелкій песокъ являются хорошими матеріалами основанія насыпи.

Чистая глина непроницаема для воды, медленно размягчается ею съ поверхности, текучая вода постепенно размываетъ глину. Вода, попадающая сверху на слой чистой глины, стекаетъ по ней или застаивается. Поэтому выемки въ чистой глинѣ, будучи защищены отъ размыва, держатся хорошо, но рѣдко когда глина простирается до самой поверхности земли; обыкновенно слои глины бываютъ покрыты другими грунтами. Вслѣдствіе этого является возможность сползанія верхнихъ слоевъ по скользкой поверхности слоя глины или, покрайней мѣрѣ, выхода воды изъ откоса на высотѣ поверхности слоя глины. Одѣвая подобный откосъ одеждою для защиты отъ дождевыхъ водъ, необходимо подъ этою одеждою располагать дренажъ.

Въ качествѣ матеріала для образованія насыпи глина имѣетъ тотъ недостатокъ, что, будучи суха, имѣетъ видъ комьевъ, которые ложатся весьма рыхло, даютъ много пустотъ, трудно и медленно измѣняютъ свою форму, а потому осадка такой насыпи можетъ продолжаться многіе годы. Въ сыромъ видѣ глина садится скорѣе, но зато съ большимъ трудомъ и медленно просыхаетъ, а потому въ теченіи большаго промежутка времени можно ожидать движеній въ массѣ насыпи. Замерзая въ наружныхъ слояхъ насыпь пучится. Употребленіе мерзлой глины для образованія насыпи можетъ служить причиною ея обрушенія или большихъ и не правильныхъ осадокъ.

Какъ матеріаль основанія, глина обладаетъ большою выносливостью, но вслѣдствіе водонепроницаемости чистой глины, необходимо принимать мѣры къ тому, чтобы вода не могла застаиваться у насыпи или подъ насыпью. Съ этою цѣлью устраиваютъ кюветы съ нагорной стороны для отвода воды отъ насыпи, подошву насыпи дѣлаютъ водопроницаемою и т. п. Изъ глины очень часто выступаютъ въ наружу ключи. Очевидно, подобный ключъ нельзя оставлять подъ насыпью.

Песчаноглинистые грунты, весьма широко распространенные, требуютъ наиболѣе осторожнаго обращенія съ ними при образованіи въ нихъ выемокъ и отсыпкѣ изъ нихъ насыпей, такъ какъ они обладаютъ водопроницаемостью, разжижаемостью и размываемостью.

Изложеніе разнообразныхъ приѣмовъ защиты отъ разрушенія сооружений изъ этихъ грунтовъ насъ завели бы слишкомъ далеко *), а потому мы ограничимся здѣсь только однимъ общимъ замѣчаніемъ: имѣя дѣло съ такимъ грунтомъ надо тщательно защищать его отъ притока воды извнѣ (одежды и кюветы) и принимать мѣры къ его осушенію (дренажи).

Подпорныя стѣнки.

Мы уже знаемъ, что сооруженія изъ землистыхъ грунтовъ для своей устойчивости требуютъ ихъ огражденія болѣе или менѣе пологими откосами. Въ нѣкоторыхъ же случаяхъ пользованіе достаточно пологими откосами невозможно или невыгодно. Такъ напр., если поперечный уклонъ мѣстности близокъ къ полуторному, то образованіе насыпи или выемки съ обычными полуторными откосами становится невозможнымъ вслѣдствіе того, что такой откосъ займетъ слишкомъ много мѣста, попадетъ въ воду и т. п. (черт. 133).

Въ подобныхъ то случаяхъ и приходится пользоваться подпорными стѣнками, поддерживающими насыпь или откосъ выемки отъ обрушенія, и какъ бы замѣняющими имъ нужные для устойчивости пологіе откосы. Возможность подобной замѣны основывается на томъ, что каменная стѣнка, обладая свойствами монолита, можетъ сопротивляться опрокидыванію и сдвигу, а слѣдовательно выдерживать нѣкоторое

*) Вопросъ объ осушеніи составляетъ предметъ особаго, читаемаго въ Институтѣ курса.

наклонное давленіе, производимое на нее насыпью. Для равновѣсія стѣнки необходимо, чтобы (черт. 134)

$$Pl = Qr$$

и

$$Q \cos \alpha < f (P + Q \sin \alpha).$$

гдѣ P —вѣсъ стѣнки, Q —боковое давленіе земли, f —коэффициентъ тренья стѣнки по основанію.

Въ виду-же возможности измѣненій въ величинѣ и направленіи силы Q и коэфф. тренія f , необходимо, чтобы была запасъ въ сопротивленіи стѣнки (запасъ устойчивости), а потому необходимо чтобы

$$\frac{Pl}{Qr} = m > 1$$

$$\frac{f (P + Q \sin \alpha)}{Q \cos \alpha} = n > 1.$$

Величина и направленіе силы Q въ настоящее время не могутъ быть опредѣлены вполне точно, а потому коэффициенты устойчивости m и n должны еще, такъ сказать, исправлять неточности въ расчетѣ стѣнокъ. Вопросъ о расчетѣ подпорныхъ стѣнокъ подробно излагается въ курсѣ строительной механики, и мы здѣсь касаться его не станемъ. Привода-же формулы устойчивости, мы имѣли цѣлью только обратить вниманіе на тѣ обстоятельства, которыя вліяютъ на устойчивость стѣнокъ, а именно: вѣсъ стѣнки, положеніе центра ея тяжести C , величина и направленіе силы Q , величина коэффициента тренья подошвы стѣнки по основанію, и которая слѣдуетъ имѣть въ виду не только при проектированіи, но и при исполненіи стѣнокъ.

Если при теоретическомъ расчетѣ стѣнка принимается за монолитъ, то при возведеніи такой стѣнки, очевидно, надо принять всѣ мѣры къ тому, чтобы она дѣйствительно могла удовлетворить этому условію. Въ наиболѣе совершенной степени стѣнка будетъ удовлетворять этому условію въ томъ случаѣ, если она кладется изъ правильной кладки на растворѣ. При обклѣкѣ камня кладку на растворѣ замѣняютъ сухою, но при этомъ самую стѣнку сооруженія ограничиваютъ болѣе пологимъ откосомъ, а именно: для стѣнокъ на растворѣ допускаютъ откосы вертикальные, чаще-же пользуются откосами

въ $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{3}$, а для стѣнокъ изъ сухой кладки $\frac{1}{2}$ — $\frac{2}{3}$ — $\frac{4}{5}$ — $\frac{1}{1}$. Вслѣдствіе наклонности давленія Q къ горизонту слои кладки подпорной стѣнки дѣлаются тоже наклонными (подробности въ статьѣ о каменныхъ работахъ). Стѣнка на растворѣ пріобрѣтаетъ свойства монолита только послѣ затвердѣнія раствора, а потому свѣже сложенную стѣнку не слѣдуетъ сразу подвергать давленію земли. Достигается это тѣмъ, что при возведеніи насыпей кладку стѣнки ведутъ всегда выше насыпи, а если можно то стѣнку складываютъ заблаговременно, съ тѣмъ чтобы дать ей вполнѣ затвердѣть. Цементный растворъ, какъ быстрѣе твердѣющій чѣмъ известковый, для подпорныхъ стѣнокъ выгоднѣе. Для кладки стѣнокъ выгоднѣе выбирать возможно болѣе тяжелый камень, и класть его слѣдуетъ плотнѣе (съ разщепенкою и приколкою), для увеличенія вѣса стѣнки. Съ цѣлью увеличенія горизонтальнаго разстоянія между ребромъ вращенія стѣнки и горизонтальною проекціею центра ея тяжести, подпорную стѣнку ограничиваютъ снаружи пологимъ откосомъ, а иногда внутренній откосъ дѣлаютъ нависающій до $\frac{1}{3}$ (черт. 135). Внутренній откосъ стѣнки чаще дѣлается вертикальнымъ, съ тѣмъ чтобы осадка насыпи не вызывала сдвига стѣнки. Наклонные внутренніе откосы (при вертикальномъ наружномъ) часто замѣняются уступчатыми. По мнѣнію нѣкоторыхъ инженеровъ, въ томъ числѣ и Винклера, уступчатые откосы препятствуютъ правильной осадкѣ насыпей. Чѣмъ сырѣе, мягче, разжиженнѣе грунтъ, тѣмъ величина силы Q больше, а направленіе ея ближе къ горизонтальному, а вмѣстѣ съ тѣмъ устойчивость стѣнки даннаго профиля меньше. Отсюда слѣдуетъ заключить, что для обезпеченія большей устойчивости подпорной стѣнкѣ необходимо содержать поддерживаемый ею грунтъ въ возможно болѣе сухомъ состояніи, не давать за стѣнкою застаиваться водѣ и т. п. Въ этомъ отношеніи стѣнки изъ сухой кладки лучше стѣнокъ на растворѣ, такъ какъ обладаютъ большою водопроницаемостью. Въ стѣнкахъ на растворѣ, для отвода изъ за нихъ воды, оставляются сквозныя отверстія черезъ 1—2 сажени одно отъ другого. Въ высокыхъ стѣнкахъ отверстія дѣлаютъ на разныхъ высотахъ. За стѣнкою располагаютъ слой камня, гравія, песку (застѣнный дренажъ), чтобы онъ подводилъ воду къ отверстіямъ.

Для увеличенія сопротивленія тренія стѣнки по основанію, послѣднее располагаютъ по возможности нормально къ наружному ея

откосу, подошву стѣнки погружаютъ въ землю, съ тѣмъ чтобы для сдвига стѣнки понадобилось выперѣть слой земли (черт. 136).

При слабомъ грунтѣ на днѣ выемки подпорныя стѣнки упираются иногда въ обратный сводъ (черт. 137).

Величина силы Q бываетъ вообще различная, для даннаго-же грунта, она зависитъ отъ того будетъ-ли грунтъ свѣже-насыпанный или плотно слежавшійся; для послѣдняго Q меньше. Вслѣдствіе этого размѣры стѣнокъ, назначаемыхъ для поддержанія откосовъ выемокъ, могутъ быть вообще меньше, чѣмъ размѣры стѣнокъ для насыпей. По той-же причинѣ, съ цѣлью уменьшенія давленія на стѣнку, при образованіи насыпи, грунтъ слѣдуетъ сыпать слоями и тщательно утрамбовывать.

Давленіе Q распределяется неравномѣрно по задней поверхности стѣнки, наверху оно бываетъ меньше, чѣмъ внизу, поэтому-то обыкновенно стѣнки имѣютъ профиль трапеціи. Фундаментъ стѣнки, поддерживающей насыпь, и опущенный въ землю, дѣлается прямоугольнаго сѣченія, такъ какъ предполагается, что матеріалъ основанія не производитъ боковаго давленія, а потому не вліяетъ на величину силы Q (черт. 136). Стѣнки по своей длинѣ имѣютъ обыкновенно разную высоту, а сообразно съ этимъ должны имѣть и разную толщину. Утолщеніе стѣнки дѣлается съ задней, внутренней ея стороны, снаружи же стѣнка имѣетъ гладкую поверхность, иногда лишь прерывающуюся контрфорсами.

Сотрясенія отъ прохода поѣздовъ по насыпи могутъ дурно вліять на устойчивость и прочность стѣнки, а потому полезно стѣнку не доводить до самаго верха насыпи, приблизительно на 0,75 саж. (черт. 138) а если это почему либо необходимо, то насыпь уширяютъ (черт. 139) на столько, чтобы отъ оси пути до наружной грани стѣнки было не менѣе 1,40 — 1,50 саж.

Подпорныя стѣнки для насыпи чаще дѣлаются съ одной только стороны, однако есть случаи пользованія парными стѣнками. Такая насыпь построена между прочимъ на Готтардской жел. дорогѣ при пересѣченіи ею озера Лугано.

Разбивка работъ для кладки стѣнокъ у насыпей производится тѣмъ-же способомъ, что и для самихъ насыпей. Профиль стѣнки обозначается шаблонами изъ тонкихъ досокъ.

Кладка начинается въ пониженной части мѣстности и затѣмъ,

съ ростомъ кладки, удлиняется фронтъ работъ. На линіи соприкасанія стѣнки съ насыпною землею, въ кладкѣ оставляются отверстія для отвода воды. Съ внутренней стороны отверстія эти, для предотвращенія засоренія ихъ землею, обкладываются камнемъ насухо. Для того чтобы вода, протекающая по этимъ отверстіямъ, не размывала кладки, иногда пользуются гончарными трубами.

Передъ нагрузкою стѣнки насыпью, ей надо дать время просохнуть, а потому кладка стѣнки должна соотвѣтственно роду раствора возвышаться надъ уровнемъ насыпаемой земли. Слой насыпи, непосредственно соприкасающійся со стѣнкою, слѣдуетъ дѣлать изъ водопроницаемаго, но неразмываемаго матеріала. Матеріаль для насыпи слѣдуетъ брать по возможности сухой, сыпать его слоями и трамбовать.

Возведеніе стѣнокъ для поддержанія откосовъ выемокъ производится обыкновенно при окончаніи земляной работы. Если грунтъ держится сравнительно хорошо, то можно обрѣзать его вертикально и класть стѣнку, но это случается рѣдко. Чаще грунтъ откосовъ настолько слабъ, что не можетъ держаться въ вертикальномъ откосѣ значительной длины. Въ такомъ случаѣ кладка ведется частями: откосъ срѣзается вертикально, участками около 1—2 саж., съ такими же или еще большими промежутками. Въ соотвѣтственныхъ мѣстахъ кладется стѣнка, причемъ оставляются *штрабы* для сопряженія ея съ дальнѣйшею кладкою. Когда стѣнка достаточно просохнетъ, за нее засыпается мелкій камень, песокъ (дренажъ) и насколько можно уплотняется. Послѣ этого можно приступить къ срѣзкѣ откосовъ въ оставленныхъ раньше промежуткахъ и къ кладкѣ остальной части стѣнки.

Иногда грунтъ не допускаетъ и подобной работы. Въ такомъ случаѣ срѣзанный откосъ приходится поддерживать деревянными распорками и досками или щитами. Кладку ведутъ такимъ образомъ, чтобы распорки не переставали поддерживать откоса до окончанія стѣнки. Послѣ окончанія кладки распорки вытаскиваются, а оставшіяся послѣ нихъ гнѣзда закладываются камнемъ.

Теоретическія основанія для наивыгоднѣйшаго распредѣленія земли.

Мы уже знаемъ, что насыпи можно образовывать изъ матеріала, добываемаго въ выемкахъ или въ резервахъ, а матеріаль изъ выемокъ можно свозить въ насыпи или сваливать въ кавальеры. Пользованіе матеріаломъ выемокъ для образованія насыпей съ одной стороны сокращаетъ расходы собственно по разработкѣ грунта, а съ другой вызываетъ увеличеніе расходовъ по перемѣщенію земли, вслѣдствіе увеличенія разстоянія возки. Очевидно, примѣненіе двойныхъ работъ будетъ въ томъ только случаѣ выгодно, если достигаемая при этомъ экономія будетъ превышать перерасходъ на перевозку. Если имѣется всего одна только выемка и насыпь, вопросъ о наивыгоднѣйшемъ распредѣленіи земли сводится къ опредѣленію наибольшаго разстоянія, при которомъ пользованіе двойными работами еще можетъ быть выгоднымъ и рѣшается, какъ увидимъ ниже, довольно просто. При наличности же цѣлаго ряда чередующихся выемокъ и насыпей, причемъ разстоянія между ними не превышаютъ предѣльнаго, допускающаго пользованіе двойными работами, возникаетъ болѣе сложный вопросъ о томъ, сколько изъ какой выемки слѣдуетъ вывозить земли въ насыпи, съ тѣмъ чтобы сумма перемѣщеній была наименьшая, а слѣдовательно распредѣленіе земли было наивыгоднѣйшимъ изъ цѣлаго ряда другихъ возможныхъ и тоже выгодныхъ.

Рѣшеніе этихъ вопросовъ и составляетъ предметъ „теоріи распредѣленія земли“.

Начало этой теоріи было положено баварскимъ инженеромъ Брюкнеромъ, дальнѣйшею же своею разработкою она обязана трудамъ Кульмана, Ейкемейера, Бауернфрейнда, Винклера, Лауенхардта и др. Хотя въ настоящее время теорія эта далека еще до широкаго практическаго примѣненія, но ознакомленіе съ нею нельзя не признать полезнымъ, такъ какъ въ нѣкоторыхъ частныхъ случаяхъ она можетъ быть приложима и теперь.

Для теоретическаго рѣшенія вопроса о наивыгоднѣйшемъ распредѣленіи земли нужно имѣть слѣдующія данныя:

- 1) Профиль распредѣленія массъ.
- 2) Таблицы или графикъ стоимости перевозки земли на различные разстоянія.

3) Стоимость добычи земли въ резервахъ и подвозки ея въ насыпь, со всѣми накладными расходами, каковы напримѣръ отчужденіе земли, сносъ строеній, уничтоженіе посѣвовъ и т. п.

4) Стоимость одной только вывозки земли изъ выемки въ кавальеры, т. е. не считая самой добычи грунта въ выемкѣ, но со всѣми накладными расходами.

Игнорированіе стоимости добычи земли въ выемкѣ объясняется такъ: каково бы ни было распредѣленіе земли изъ выемокъ, онѣ все равно должны быть разработаны, и слѣдовательно долженъ быть произведенъ извѣстный расходъ на самую добычу грунта. То или иное распредѣленіе земли изъ этихъ выемокъ влечетъ тотъ или иной расходъ собственно по вывозу добытаго грунта или въ кавальеры или въ насыпь, причемъ вывозъ каждаго лишняго куба въ насыпь сокращаетъ расходъ по добычѣ и подвозкѣ лишняго куба изъ резерва. Другими словами, въ интересующей насъ задачѣ, намъ приходится противопоставлять стоимость добычи земли въ резервѣ стоимости одной только продольной возки.

Въ дальнѣйшемъ изложеніи будемъ принимать, что цѣны добычи земли изъ резерва съ подвозкою въ насыпь и вывоза изъ выемки въ кавальеры намъ извѣстны и выражаются цифрами: первая — r , а вторая k на одну кубическую единицу.

Познакомимся съ построеніемъ профиля распредѣленія массъ и со стоимостью возки.

Профиль распредѣленія массъ. Положимъ, что мы имѣемъ продольный профиль и подробный расчетъ земляныхъ работъ для какого либо участка дороги. Въ такомъ случаѣ мы можемъ знать для каждаго промежутка между двумя смежными точками профиля количество выемки и насыпи. Выемки мы можемъ рассматривать какъ запасы матеріала для образованія насыпей, а насыпи какъ мѣста расходванія этихъ запасовъ. Принимая количества объемовъ выемокъ за положительныя, количества объемовъ насыпей будемъ принимать за отрицательныя. Такъ что, если между пикетомъ № 11 и № 11+27 имѣется выемка въ 720 куб. саж., то мы можемъ ее рассматривать какъ запасъ матеріала для образованія 720 куб. саж. насыпи. Если между пикетами № 11+27 и № 11+42 имѣется 570 куб. саж. выемки и 120 куб. саж. насыпи, то промежутокъ этотъ,

за покрытіемъ собственной потребности въ землѣ для образованія насыпи въ 120 куб. саж., можетъ представлять свободный запасъ матеріала для другихъ насыпей въ количествѣ $570 - 120 = 450$ куб. саженой.

Если въ продольномъ профилѣ имѣется большой мостъ, еще не построенный, или иное препятствіе, недопускающее примѣненія продольной возки, то, очевидно, земля изъ выемокъ, лежащихъ по одной сторонѣ моста, не можетъ служить матеріаломъ для образованія насыпей по другую его сторону.

Какъ запасы такъ и потребности въ землѣ для насыпей могутъ суммироваться, начиная съ той или другой точки продольнаго профиля. Такое суммированіе, будучи выражено графически, и представитъ намъ профиль распредѣленія массъ. Прослѣдимъ построение такого профиля на частномъ примѣрѣ. Положимъ, что намъ данъ продольный профиль $ABC \dots IKL \dots X$ (черт. 140), въ которомъ A_1X_1 — проектная линія, $ABC \dots X$ — профиль земли, $AA_1, BB_1 \dots GG_1 \dots$ красныя отмѣтки выемокъ и насыпей (линіи нулей и графы съ цифрами красныхъ и черныхъ отмѣтокъ не вычерчиваемъ для упрощенія чертежа). Объемы насыпей и выемокъ, собственно свободные запасы земли въ выемкахъ (за покрытіемъ собственной потребности въ землѣ для насыпей), между смежными точками A и B , B и C , $\dots F$ и G можно выписать на самомъ профилѣ.

Проведемъ какуюнибудь горизонтальную линію ax и примемъ ее за линію нулей для профиля распредѣленія массъ. Продолжимъ ординаты продольнаго профиля ниже этой линіи нулей.

Положимъ, что по мѣстнымъ условіямъ, часть выемки, лежащая слѣва отъ точки A , не можетъ служить запасомъ матеріала для дальнѣйшихъ насыпей, а потому мы можемъ принять запасъ матеріала въ выемкѣ слѣва отъ A равнымъ 0. Между точками A и B запасъ матеріала равенъ 350 куб. единицамъ. Отложимъ эти 350 куб. ед. въ какомъ либо масштабѣ объемовъ на продолженіи ординаты BB , внизъ отъ линіи ax . Получимъ точку b , причемъ $b_1b = 350$ куб. ед. Между точками A и C запасъ матеріала равенъ $350 + 1200 = 1550$ куб. ед. Отложимъ по продолженію ординаты CC_1 отъ линіи ax отрѣзокъ $c_1c = 1550$ куб. ед. Получимъ точку c . Очевидно, разность ординатъ $c_1c - b_1b = c_1c = 1200$ куб. ед. = объему выемки между B и C . Продолжая суммировать частные объемы выемки между послѣдователь-

ными точками и откладывать последовательныя суммы въ видѣ ординатъ, дойдемъ, наконецъ, до ординаты e_1e , равнойъ объему всей выемки отъ A до E (2950 куб. ед.). Соединивъ точки a, b, c, d, e прямыми, получимъ ломанную линію $abcde$ — которую будемъ называть *линією запасовъ земли*, линією объемовъ выемки или, просто, *линією выемки*.

Линія выемки выражаетъ собою законъ возрастанія объема выемки при переходѣ отъ точки A къ E .

Будемъ продолжать построение. За точкою E слѣдуетъ насыпь, слѣдовательно начинается расходъ земли или трата ея запасовъ. Между точками E и F земли нужно 25 куб. ед. За покрытіемъ этого расхода, у насъ останется $(e_1e = 2950) - 25$ куб. ед. $= 2925 = f_1f$ (по масштабу объемовъ). Откадываемъ f_1f на продолженіи ординаты F_1F отъ линіи ax , получимъ точку f . Между точками F и G расходъ $= 1275$ куб. ед. За покрытіемъ этого расхода, изъ свободнаго запаса въ 2925 куб. ед. у насъ остается еще 1650 куб. ед. $= g_1g$. Отложивъ g_1g на продолженіи ординаты G_1G , получимъ точку g . Между G и H расходъ равенъ 1850 куб. ед., а запаса имѣется всего 1650, слѣдовательно не хватаетъ 200 куб. ед. $= -h_1h$. Откадываемъ $-h_1h$ на продолженіи ординаты H_1H но по другую сторону отъ линіи ax . Получимъ точку h . Между точками H и I предстоитъ расходъ въ 900 куб. ед., запасовъ же у насъ больше пока нѣтъ. Будемъ суммировать недостачу земли: $h_1h + 900 = 200 + 900 = 1100 = i_1i$. Отложивъ i_1i на продолженіи I_1I , получимъ i . Подобнымъ же образомъ получаемъ точку k . Соединяя e, f, g, h, i и k прямыми, получимъ ломанную $efghik$ — *линію насыпи*, или линію расхода земли. Очевидно, мы получили бы ту же самую линію $efghik$, если бы отъ горизонтальной линіи e_1e стали откладывать последовательныя суммы объемовъ: между точками E и F — 25 куб. ед. $= f_1f$, между E и G — 1275 куб. ед. и т. д. При этомъ ординаты $f_1f, g_1g, h_1h \dots$ показывали бы графически эти последовательныя суммы, а ордината k_1k — полный объемъ насыпи. За точкою k слѣдуетъ новая выемка, слѣдовательно, новый запасъ матеріала для насыпи. Употребляя этотъ запасъ на покрытіе расхода земли для насыпи между точками E и K , недостача земли станетъ сокращаться. Такъ напр. до точки k или точки K продольнаго профиля вся недостача выражается ординатою $kk_1 = 1250$ куб. ед. За покрытіемъ части этой недостачи объемомъ въ 100 куб. ед. между точками K и L , недо-

стача будетъ равняться 1150 куб. ед. = l_1l . Отложивъ l_1l на продолженіи LL_1 , получимъ точку l . Продолжая подобное построение далѣе и соединяя точки l, m, n, \dots получимъ новую линію выемки. Имѣя въ продольномъ профилѣ рядъ выемокъ и насыпей, мы получили бы рядъ линій выемокъ и насыпей, совокупность которыхъ и представляетъ собою профиль распредѣленія массъ. Линіи выемокъ, при принятомъ направленіи отсчета положительныхъ величинъ (внизъ), будутъ идти слѣва на право внизъ, а линіи насыпей слѣва на право вверхъ или первыя будутъ нисходящими, а вторыя восходящими.

Построенный указаннымъ способомъ профиль распредѣленія массъ обладаетъ слѣдующими свойствами:

1) Точкамъ перехода изъ выемки въ насыпь, или нулевымъ точкамъ продольнаго профиля, соответствуютъ наибольшія ординаты частей профиля распредѣленія массъ или точки *maxima* и *minima* кривой этого профиля.

2) Объемъ выемки между точками A и E выражается ординатою e_1e профиля распредѣленія массъ. Часть насыпи между E и S имѣетъ объемъ, выражаемый ординатою s_1s_1 . Вслѣдствіе равенства ординатъ ee_1 и s_1s_1 слѣдуетъ заключить о равенствѣ объемовъ частей выемки между A и E и насыпи между E и S . Проведемъ произвольную прямую sz , она пересѣкаетъ линіи выемки и насыпи въ точкахъ s и t . Изъ равенства ординатъ $e'e = t_1t$ слѣдуетъ заключить о равенствѣ объемовъ частей выемки между C и E и насыпи между E и T . Очевидно, и всякая другая горизонтальная прямая будетъ отдѣлять отъ выемки и насыпи равныя части, лежащія по обѣимъ сторонамъ нулевой точки продольнаго профиля. Въ виду такого свойства этихъ горизонтальныхъ линій ихъ называютъ *равнообъемными*.

3) Выдѣлимъ на продольномъ профилѣ (черт. 141) нѣкоторый элементарный объемъ q между весьма близкими ординатами BB_1 и CC_1 и продолжимъ эти ординаты до пересѣченія съ профилемъ распредѣленія массъ въ точкахъ b и c . Разность ординатъ c_1c и b_1b выразитъ графически величину объема q . Проведемъ чрезъ b и c равнообъемныя прямыя bt и cn . Прямыя эти отдѣлятъ отъ всей выемки и насыпи равныя части, а именно: прямая bt отдѣлитъ часть выемки между B и $F = ff'$, равную части насыпи между F и M ; прямая cn выдѣлитъ часть выемки между C и $F = ff''$, равную части

насыпи между F и N . Изъ этого равенства слѣдуетъ равенство и разностей этихъ объемовъ, т. е. равенство объемовъ между B и C въ выемкѣ и между M и N въ насыпи. Провода цѣлый рядъ весьма близкихъ равнообъемныхъ прямыхъ и рядъ ординатъ, проходящихъ черезъ точки пересѣченія этихъ равнообъемныхъ съ профилемъ распределенія массъ, мы разобъемъ выемку и насыпь на нѣсколько равныхъ по объему частей, а именно: $p=p_1, q=q_1, \dots, t=t_1$ (черт. 142).

Начиная разработку выемки съ точки перехода, можно воспользоваться только что полученнымъ раздѣленіемъ выемки и насыпи для распределенія добываемой земли, а именно: часть выемки t перевести на образованіе части насыпи t_1 , часть выемки s — на образованіе части насыпи s_1 ; $r - r_1$ и т. д. При этомъ разстояніе возки для какой либо части q будетъ равняться среднему разстоянію:

$$\frac{B_1 M_1 + C_1 N_1}{2} = \frac{bm + cn}{2}$$

Работа перевозки нѣкотораго объема q на разстояніе x , въ нашемъ случаѣ $= \frac{bm + cn}{2}$, выражается произведеніемъ этого объема на разстояніе, называемымъ *моментомъ возки*. Для различныхъ единицъ перевозимаго груза и разстояній, единица момента возки выражается различными названіями, каковы напр. пудоверста, пассажироверста и т. п.

Такимъ образомъ работа или моментъ перевозки m объема q на разстояніе $\frac{bm + cn}{2}$ выражается произведеніемъ:

$$m = q \frac{bm + cn}{2}.$$

Это произведение графически выражаетъ собою площадь ω элементарной трапеціи $bcnt$, отрѣзаемой отъ площади профиля распределенія массъ равнообъемными прямыми bm и cn .

4) Сумма моментовъ возки $M = \Sigma m$ для цѣлаго ряда объемовъ p, q, r, s, t , очевидно, равно суммѣ элементарныхъ трапецій $\Sigma \omega$, т. е. площади Q сегмента между линіею профиля и равнообъемною прямою, проходящею черезъ точку a , то есть:

$$M = \Sigma m = \Sigma \omega = Q.$$

Изъ механики извѣстно, что $M = \Sigma m$ равенъ VL , гдѣ V полный перемѣщаемый грузъ (выраженный вѣсомъ или объемомъ) а L — разстояніе между центрами тяжести объемовъ въ двухъ положеніяхъ до и послѣ перевозки.

Поэтому:

$$M = \Sigma m = VL = \Sigma \omega = Q$$

или

$$VL = Q,$$

откуда

$$L = \frac{Q}{V};$$

но

$$V = ff_1 = p + q + r \dots s + t,$$

а потому

$$L = \frac{Q}{ff_1}$$

т. е. разстояніе между центрами тяжести выемки и насыпи равно площади соотвѣтственной части профиля распредѣленія массъ, раздѣленной на наибольшую ординату (т. е. на объемъ выемки или насыпи). Разстояніе между центрами тяжести насыпи и выемки выражаетъ собою такъ называемое *среднее разстояніе* возки для перемѣщенія данной выемки въ насыпь.

При построеніи профиля распредѣленія массъ мы полагали, для простоты, что 1 куб. ед. объема выемки идетъ на образованіе одной же куб. ед. насыпи, но это не соотвѣтствуетъ дѣйствительности: 1) земля при ея добычѣ разрыхляется, а потому объемъ добытаго грунта всегда бываетъ больше того объема, какой этотъ грунтъ занималъ въ выемкѣ, 2) объемъ насыпи во время работъ долженъ быть больше проектнаго ввиду необходимости въ запасъ на осадку. Эти обстоятельства требуютъ введенія поправокъ въ построеніе профиля: Объемы выемокъ должны быть увеличены на коэффициентъ разрыхленія, соотвѣтствующій данному грунту, а объемы насыпей должны быть увеличены на коэффициентъ придаваемого запаса на осадку. Такъ на примѣръ, объемы скалистыхъ выемокъ надо увеличить приблизительно на 30 — 35%, а объемы скалистыхъ насыпей увеличить на 5%.

Профиль, построенный при условии принятія во вниманіе разрыхленія и послѣдующаго уплотненія грунта, и служитъ для рѣшенія задачи о наивыгоднѣйшемъ распредѣленіи земли. Въ дальнѣйшемъ изложеніи будемъ принимать, что профиль распредѣленія массъ, которымъ придется пользоваться, удовлетворяетъ этому условию.

Стоимость перевозки земли является функциею отъ цѣлаго ряда переменныхъ, каковы: разстояніе, уклонъ и родъ пути, родъ двигателя, количество перевозимаго груза и т. д. Попытки теоретическаго рѣшенія этого вопроса не имѣютъ большого практическаго значенія. Поэтому за границею пользуются таблицами среднихъ цѣнъ перевозки земли различными способами, составленными на основаніи опытныхъ данныхъ *). У насъ подобныхъ таблицъ нѣтъ. Имѣются, правда, указанія урочнаго положенія относительно расхода рабочей силы на перевозку земли въ тачкахъ и телѣгахъ, по которымъ можно было бы опредѣлить и цѣны возки, но во первыхъ этихъ данныхъ мало — нѣтъ стоимости возки паровозомъ, самокатомъ и т. п. а во вторыхъ и имѣющіяся, не будучи провѣрены въ желѣзнодорожной практикѣ, требуютъ весьма осторожнаго къ нимъ отношенія.

Вообще стоимость перевозки не прямо пропорціональна разстоянію и, съ увеличеніемъ послѣдняго и съ переходомъ къ болѣе совершеннымъ способамъ перемѣщенія, стоимость перевозки единицы груза на единицу разстоянія постепенно понижается.

Стоимость перевозки какимъ либо двигателемъ можетъ быть приблизительно выражена формулою

$$t = \alpha + \beta l$$

гдѣ t —стоимость перевозки единицы груза

„ l —разстояніе

α и β —численные коэффициенты, различные для разныхъ родовъ двигателя, разныхъ уклоновъ, разныхъ количествъ перевозимаго груза.

Если различныя значенія l откладывать по абсциссамъ, а t по ординатамъ, то для какого либо значенія α и β мы получимъ прямую, выражающую, такъ сказать, законъ измѣненія цѣнъ возки въ зависимости отъ разстояній. (Черт. 143).

*) См. Lauenhardt. Das Massen-Nivellement. Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins zu Hanover. 1884.

Построивъ рядъ подобныхъ прямыхъ для различныхъ родовъ двигателей, мы могли бы опредѣлять цѣны перевозки на данное разстояніе при различныхъ двигателяхъ. Наименьшія цѣны для даннаго разстоянія указывали бы намъ на родъ двигателя, примѣненіе котораго было бы наивыгоднѣйшимъ.

Для нѣкоторыхъ разстояній, напр. Oa , Ob (черт. 144), эти цѣны были бы одинаковы для двухъ родовъ двигателей. Эти разстоянія, очевидно, были бы предѣльными для менѣ совершенныхъ способовъ передвиженія. Ломанная линія между послѣдовательными точками пересѣченія прямыхъ, ближайшими къ оси OX , очевидно, представляетъ собою линію наивыгоднѣйшихъ цѣнъ возки на разныя разстоянія.

Если для построенія этихъ прямыхъ были приняты коэффициенты α и β , полученные изъ цѣлаго ряда перевозокъ, то чертежъ 144 можетъ быть принятъ за графикъ цѣнъ для нахождения наивыгоднѣйшаго распредѣленія земли.

Вмѣсто графика можно пользоваться маасштабомъ цѣнъ возки. Маасштабъ этотъ легко составить по таблицамъ или по графику. Отложимъ по прямой (черт. 145) различныя разстоянія возки 0, 1, 2, ... 10, ... 20... саж. или метровъ—это будетъ маасштабъ разстояній (тотъ же самый, какой употребляется для горизонтальныхъ измѣреній продольнаго профиля). По другую сторону прямой надпишемъ цѣны перевозки на разстоянія, соотвѣтствующія дѣленіямъ маасштаба разстояній,—это будетъ маасштабомъ цѣнъ возки. Дѣленія этого маасштаба, соотвѣтствующія напримѣръ 10, 20, 30... коп. постепенно возрастаютъ, влѣдствіе удешевленія возки на большія разстоянія.

Въ цѣну возки можно включить стоимость нагрузки и выгрузки напр. 25 коп., въ такомъ случаѣ вмѣсто цифръ напр. 10, 20, 30... коп. слѣдуетъ написать $10 + 25$, $20 + 25$, $30 + 25$... коп. Пользоваться этимъ маасштабомъ можно такъ: приложить этотъ маасштабъ къ линіи, выражающей разстояніе перевозки и прочесть на немъ цѣну, соотвѣтствующую этому разстоянію.

Кромѣ этого, такъ сказать, прямаго назначенія маасштаба, онъ можетъ служить для выраженія цѣны вывозки земли въ кавальеръ со всѣми накладными расходами или цѣны добычи грунта въ резервѣ и отвозки ея въ насыпь. Дѣйствительно, положимъ, что до-

быча земли съ доставкою въ насыпь стоитъ 90 коп. съ куба. Положимъ, что 90 коп. по маасштабу цѣнъ возки соотвѣтствуетъ разстанцію въ 250 саж. Въ такомъ случаѣ отрѣзокъ прямой, длиною въ 250 саж. по маасштабу разстояній, можетъ выражать графически цѣну добычи и подвозки, такъ сказать, приведенную къ разстоянію одной только возки.

Такимъ образомъ двоякое пользованіе маасштабомъ цѣнъ даетъ возможность выражать какъ цѣны продольной возки, такъ и цѣны добычи и подвозки земли изъ резервовъ длинами линій.

Перейдемъ теперь къ рѣшенію задачи о наивыгоднѣйшемъ распредѣленіи земли, причемъ сперва рассмотримъ тотъ случай, когда имѣется всего одна только выемка и насыпь, или одна точка перехода, а затѣмъ перейдемъ къ болѣе сложнымъ профилямъ.

Распредѣленіе земли при одной точкѣ перехода.

Положимъ, что у насъ имѣется участокъ продольнаго профиля, на которомъ встрѣчается одна выемка и одна насыпь, т. е. имѣется профиль съ одною только точкою перехода, и нами построены профиль распредѣленія массъ (черт. 146 и 147).

Проведемъ черезъ какую нибудь точку a кривой профиля распредѣленія массъ равнообъемную прямую ab . Прямая эта отдѣлитъ отъ профиля сегментъ asb , для котораго объемъ выемки на протяженіи as (а на продольномъ профили на протяженіи AS) равенъ объему насыпи на протяженіи sb (на продольномъ профилѣ — SB). Слѣдовательно часть насыпи sb (или SB) можетъ быть образована изъ части выемки sa (или SA), т. е. на протяженіи AB могутъ быть произведены двойныя работы (вопроса о выгодности двойныхъ работъ на этомъ протяженіи мы пока не касаемся). Часть профиля asb между прямою ab и кривою asb будемъ называть *участкомъ возки*.

Для профиля, показаннаго на чертежѣ 146, возка должна производиться слѣва на право, а для профиля, показаннаго на черт. 147, — справа на лѣво.

Въ первомъ случаѣ кривая asb лежитъ ниже прямой ab , а во второмъ выше. Въ зависимости отъ такого положенія кривой относительно прямой, будемъ называть участокъ возки asb (черт. 146)

должнымъ, или, просто, долиною, а участокъ возки asb (черт. 147)—горнымъ, или, просто, горою.

Для перевозки части выемки as въ насыпь sb , каждый отдѣльный элементъ объема долженъ совершить нѣкоторый путь, параллельный линіи ab , а по длинѣ равный хордѣ, проходящей черезъ данный элементъ. Такъ, напр. элементъ a долженъ пройти путь $l = ab$, элементъ c — путь $l_1 = cd$. Стоимость перемѣщенія каждаго элемента можетъ быть измѣрена по маасштабу цѣнъ, если взять показанія маасштаба, соотвѣтствующія дѣленіямъ шкалы разстояній въ l , l_1 и т. д. Такимъ образомъ на профилѣ распредѣленія массъ всякая хорда участка возки выражаетъ собою графически цѣну перевозки соотвѣтственнаго элемента объема.

Рѣшившись часть выемки as вывезти въ насыпь sb , часть выемки at надо свалить въ кавальеры, а часть насыпи bn образовать изъ резервовъ. Вывозъ земли въ кавальеры, расположенные на нѣкоторомъ разстояніи отъ выемки, и всѣ сопряженные съ этимъ расходы (напр. отчужденіе земли и т. п.) можно выразить графически длиною разстоянія одной только возки. Если эти расходы одинаковы (напр. если кавальеры располагаются параллельно выемкѣ, то длина возки для каждой единицы объема одинакова) для всякаго элемента объема выемки, то они выразятся графически равными линіями kk . Геометрическимъ мѣстомъ концевъ этихъ линій, проведенныхъ черезъ всѣ элементы выемки между t и a , будетъ нѣкоторая кривая KK одинаковаго вида съ кривою выемки, какъ показано на чертежахъ 146 и 147. Назовемъ эту линію *линією кавальера*.

Если бы расходы свалки въ кавальеръ разныхъ элементовъ объема выемки были бы различныя, то кривая кавальера приняла бы иной видъ.

Стоимость добычи земли въ резервѣ*), нагрузку ея и подвозку къ насыпи можно также выразить графически въ видѣ величины разстоянія rr , на которое можно за ту же цѣну только перевести

*) Обращаемъ особое вниманіе на то обстоятельство, что при построеніи линіи кавальера стоимость добычи земли въ выемкѣ въ расчетъ не принимается, а при построеніи линіи резерва стоимость добычи въ немъ земли—принимается въ расчетъ. Поэтому, вообще говоря, линія резерва должна быть дальше отъ линіи насыпи, чѣмъ линія кавальера отъ линіи выемки.

единицу объема. Стоимости добычи и подвозки земли для каждого элемента насыпи образуют другую кривую — *линію резерва RR*. (Черт. 146 и 147).

Станемъ перемѣщать равнообъемную прямую вверхъ и внизъ и посмотримъ какъ это будетъ отражаться на расходахъ.

Поднимемъ ab (черт. 146) на столько, чтобы объемъ насыпи и выемки увеличился всего на 1 кб. саж.

При этомъ:

1) Уменьшится на 1 кб. саж. вывозка выемки въ кавальерь, слѣдовательно получится прибыль, графически выражаемая линією $aK=k$.

2) Уменьшится на 1 кб. саж. добыча грунта въ резервѣ и перевозка его въ насыпь. Экономія при этомъ выразится линією $bR=r$.

3) Увеличится количество возки по продольному направленію на 1 куб саж. на разстояніе $ab=l$. Излишекъ расхода выразится линією ab , измѣренною по масштабу цѣнъ.

Такимъ образомъ разница въ расходахъ при распредѣленіи работъ по линіи ab и при болѣе высокомъ ея положеніи $a'b'$ будетъ равна

$$E = aK + bR - ab = k + r - l$$

Если эта разность положительная, то это значить, что поднятіе прямой ab приноситъ выгоду. Если она отрицательна, то это указываетъ на убыточность. Въ первомъ случаѣ ab можно поднимать еще выше (т. е. увеличивать количество двойныхъ работъ) и притомъ до тѣхъ поръ, пока E не обратится въ 0, т. е. пока работа не перестанетъ давать экономію. Во второмъ случаѣ надо опускать ab до тѣхъ поръ, пока двойныя работы не перестанутъ давать убытокъ.

Такимъ образомъ положеніе ab , при которомъ

$$E = aK + bR - ab = k + r - l = 0$$

или

$$k + r = l$$

укажетъ наивыгоднѣйшее распредѣленіе работъ. При этомъ слѣдуетъ помнить, что числа k , r и l надо читать по маасштабу цѣнъ, а не по маасштабу разстояній. Ровнообъемную прямую, занимающую на-

выгоднѣйшее положеніе, будемъ называть *наивыгоднѣйшею равнообъемною*, или *предѣльною*. Для профиля съ одною точкою перехода она будетъ играть роль *распредѣляющей*, т. е. линіи, показывающей наивыгоднѣйшее распредѣленіе земли.

Зная стоимость свалки земли въ кавальеръ k и добычи и вывозки ея изъ резерва r , мы будемъ знать и сумму ихъ $k+r=N$, т. е. предѣльную стоимость продольной перевозки. Имѣя въ своемъ распоряженіи данныя перевозочныя средства, мы можемъ опредѣлить по суммѣ N и соответственное предѣльное разстояніе ab , для тачекъ одно, для лошадей другое, для паровозовъ третье.

Повышеніемъ и пониженіемъ равнообъемной ab не всегда можетъ быть достигнуто наивыгоднѣйшее ея положеніе. Дѣйствительно: прямая ab , показанная на (черт. 148), не можетъ быть поднимаема, а показанная на черт. 149 — не можетъ быть опускаема. Во всѣхъ этихъ случаяхъ ab проходитъ черезъ одну изъ точекъ максіма или мініма s . Такое положеніе равнообъемной будемъ называть *крайнимъ*, а самую линію *крайнею равнообъемною*.

Проведя какую нибудь крайнюю равнообъемную и опредѣливъ ея длину, можно найти соответственныя, для разныхъ двигателей, цѣны перевозки на это разстояніе, а слѣдовательно рѣшить вопросъ о томъ, можетъ-ли быть данная крайняя равнообъемная принята за распредѣляющую или иначе: каковъ долженъ быть двигатель для того, чтобы такая равнообъемная могла служить распредѣляющею. Если-бы оказалось, что такая равнообъемная не соответствуетъ имѣющемуся двигателю, то она не имѣетъ никакого значенія.

Распредѣленіе земли при двухъ точкахъ перехода.

Положимъ, что нашъ профиль имѣетъ двѣ точки перехода. Въ этомъ случаѣ профиль распредѣленія массъ имѣетъ два участка возки, одинъ долинный, другой горный. Найдемъ для cadaго изъ нихъ въ отдѣльности свою наивыгоднѣйшую равнообъемную.

Эти равнообъемныя могутъ занимать разныя относительныя положенія:

1) Наивыгоднѣйшая равнообъемная или предѣльная прямая долиннаго участка ab (черт. 150) и a_1b_1 (черт. 151) можетъ лежать ниже предѣльной равнообъемной горнаго участка cd (черт. 150)

или a_1d_1 (черт. 151). В этом случае, во невозможности поднять длинную предельную прямую или опустить коридор, т. е. замѣнить двѣ отдѣльныя линии одною непрерывною (такъ какъ такое переаггенирование дѣлаетъ двойныя работы дороже одиночныхъ), часть насыпи bc (черт. 150) или часть выемки b_1c_1 (черт. 151), должна быть сработана поперечною возкою. В этомъ случае предельныя прямыя играютъ роль распределяющихъ для каждой отдѣльной волны привою профиля.

Участки съ подобнымъ положеніемъ предельныхъ равнообъемныхъ буденъ называть *отдѣльными*, или *разобщенными*.

2) Предельная равнообъемная долиннаго участка ab (черт. 152) и a_1b_1 (черт. 153) можетъ лежать выше равнообъемной горнаго участка cd (черт. 152) или c_1d_1 (черт. 153). В этомъ случае отдѣльныя равнообъемныя можно переаггенировать, а вмѣстѣ съ тѣмъ и замѣнить одною непрерывною. Участки съ подобнымъ положеніемъ предельныхъ равнообъемныхъ буденъ называть *сопряженными*.

Если руководиться распределеніемъ земли, показаннымъ на (черт. 152), то въ насыпь bc будетъ вывезено двойное количество земли противъ нужнаго (изъ выемки ac и bd). Очевидно, это указываетъ на неравноразность распределенія. Для того, чтобы подобнаго явленія не было, нужно провести одну равнообъемную, напр. NN , общую для горнаго и долиннаго участка. Прямая эта должна проходить гдѣ-то между ab и cd .

Если руководиться распределеніемъ земли, показаннымъ на (черт. 153), то часть выемки b_1c_1 должна быть вывезена на двѣ насыпи ab_1 и a_1c_1 , равныя ей по объему. Это тоже абсурдъ, указывающій на необходимость проведенія одной равнообъемной, напр. N_1N_1 , общей для горнаго и долиннаго участковъ.

Какова бы ни была положеніе NN или N_1N_1 , въ первомъ случаѣ насыпь будетъ образована изъ смежныхъ выемокъ, а во второмъ вся выемка будетъ вывезена на сосѣднія насыпи. Но этого еще мало, желательно такимъ образомъ расположить NN и N_1N_1 , чтобы расходъ по перевозкѣ былъ наименьшій, слѣдовательно, чтобы положеніе NN или N_1N_1 было наибыводнѣйшимъ.

Постараемся опредѣлить для подобныхъ сопряженныхъ участковъ наилучшее положеніе одной общей, непрерывной равнообъемной, которая могла бы играть роль распределяющей.

Проведемъ между линиями ab и cd (черт. 152) взаимно нѣкую общую равнообъемную NN и посмотримъ, какою образомъ будетъ измѣняться стоимость работъ при пониженіи или повышеніи этой прямой. Построимъ линіи кавальера KK и K_1K_1 для объема выемки.

При пониженіи линіи NN на 1 куб. саж., расходы *сокращаются*:

- 1) По продольной перевозкѣ 1 куб. саж. на разстояніе gf .
 - 2) По вывозу 1 куб. саж. изъ второй выемки въ кавальеръ gK_1 .
- Общая сумма сокращенія будетъ:

$$ef + gK_1$$

(измѣренныхъ по масштабу цѣны).

Расходы *увеличиваются*:

- 1) По перевозкѣ лишняго куба на протяженіи gf .
 - 2) По вывозу лишняго куба изъ первой выемки въ кавальеръ eK .
- Общая сумма передержки:

$$gf + eK.$$

Разница расходовъ при пониженіи прямой ab равна

$$E = ef + gK_1 - gf - eK.$$

Если $E > 0$, то прямую выгодно понижать дальше, если < 0 , то выгодно ее поднимать.

Наибывгодѣйшее положеніе, очевидно, будетъ при $E = 0$ или

$$ef + gK_1 = gf + eK.$$

Подобное же условіе мы нашли бы и для профиля, показаннаго на чертежѣ 153, а именно:

$$ef + gR_1 = fg + eR$$

Если $eK = gK_1$ или $gR = eR_1$, какъ это бываетъ въ тѣхъ случаяхъ, когда резервы и кавальеры расположены параллельно полотну, то вышеприведенныя условія приводятся къ

$$ef = gf.$$

Стоимости перевозокъ на равныхъ разстояніяхъ слѣдуетъ принять равными, а потому условіе $ef = fg$ для наивыгоднѣйшаго положенія непрерывной равнообъемной можетъ быть рассматриваемо какъ условіе равенства разстояній возки и опредѣляемо непосредственно циркулемъ, если только ab и cd извѣстны.

Если вывозку въ кавальерь или изъ резерва, смотря потому, приходятся ли они въ горномъ или долинномъ участкѣ, называть тоже долиною или горною, какъ и продольную возку въ самихъ участкахъ, то вышеприведенное условіе наивыгоднѣйшаго положенія непрерывной равнообъемной можно опредѣлить такъ: *при наивыгоднѣйшемъ положеніи непрерывной равнообъемной, суммы расходовъ на движеніе по долиннымъ и горнымъ участкамъ должны быть равны.* Наивыгоднѣйшая непрерывная равнообъемная для двухъ участковъ возки является *распредѣляющею*.

Эта распредѣляющая, по отношенію къ насыпи (черт. 152), показываетъ тѣ ея части, которыя должны быть образованы изъ грунта смежныхъ выемокъ; въ этомъ смыслѣ будемъ ее называть *линіею распредѣленія подвоза*. Та же распредѣляющая, по отношенію къ выемкѣ (черт. 153), показываетъ тѣ ея части, которыя должны быть свезены въ ближайшія насыпи; въ этомъ слуслѣ будемъ ее называть *линіею распредѣленія вывоза*. Поэтому прямая NN (черт. 152) есть линія распредѣленія подвоза, а N_1N_1 (черт. 153)—линія распредѣленія вывоза. Крайнія точки распредѣляющей показываютъ предѣлы двойныхъ работъ.

На черт. 154 и 155 показаны предѣлы двойныхъ работъ и распредѣленіе земли на продольномъ профилѣ при разныхъ положеніяхъ распредѣляющихъ прямыхъ.

Распредѣленіе земли при нѣсколькихъ точкахъ перехода.

Разсмотримъ этотъ случай на какомъ нибудь частномъ примѣрѣ. Положимъ, что намъ данъ продольный профиль на протяженіи № 0—№ 23 + 50, профиль распредѣленія массъ и маасштабъ цѣнъ возки, показанные на черт. 156.

Вслѣдствіе того, что на продольномъ профилѣ имѣется нѣсколько насыпей и выемокъ, то и на профилѣ распредѣленія массъ имѣется нѣсколько горныхъ и долинныхъ участковъ возки.

Проведемъ сперва черезъ вершины горъ и низы долинъ крайнія равнообъемныя, которыя бы пересѣкали линіи насыпей или выемокъ, и посмотримъ: не могутъ ли онѣ служить распредѣляющими прямыми для отдѣльныхъ горъ или долинъ, или для цѣлой группы горъ и долинъ. Для того чтобы такая крайняя равнообъемная могла имѣть значеніе распредѣляющей, необходимо, чтобы стоимость движенія на протяженіи этой линіи— l равнялась или была меньше суммы стоимостей свалки земли въ кавальеръ k и добычи земли въ резервѣ и подвозки ея въ насыпь r , т. е. чтобы

$$l \leq k + r.$$

Положимъ, что линіи g_1g_1 , g_2g_2 , g_3g_3 , g_4g_4 и g_5g_5 удовлетворяютъ этому условію.

Въ тѣхъ горахъ или долинахъ, гдѣ крайняя равнообъемная не можетъ имѣть значенія распредѣляющей, проводимъ предѣльные равнообъемныя, какъ напримѣръ g_6g_6 въ долинѣ между № 10 + 25 и № 23 + 50.

Проведенными равнообъемными профилъ распредѣленія массъ подраздѣлился на 6 участковъ возки, изъ нихъ первые пять, по положенію крайнихъ равнообъемныхъ, являются участками попарно сопряженными, а участокъ 6-й по отношенію къ участку 5-му, является разобценнымъ. Вслѣдствіе этого нѣкоторая часть третьей выемки непременно должна быть свезена въ кавальеръ.

Такъ какъ первые пять участковъ являются сопряженными; то ни одна изъ крайнихъ равнообъемныхъ не можетъ дать наивыгоднѣйшаго распредѣленія земли и намъ надо поискать распредѣляющую въ предѣлахъ между этими крайними равнообъемными.

Проведемъ для каждой выемки и насыпи линіи распредѣленія вывоза и подвоза, какъ наивыгоднѣйшія равнообъемныя съ точки зрѣнія распредѣленія земли между смежными насыпями и выемками.

Для первой выемки линією распредѣленія вывоза будетъ ve , для второй $v_1e_1r_1$ (положеніе ихъ опредѣляется изъ условія, чтобы $ve = er$, $v_1e_1 = e_1r_1$). Если принять за распредѣляющія линіи ve и $v_1e_1r_1$, то окажется, что большая часть первой насыпи остается не покрытой (для нея мало земли въ первой выемкѣ)—это служитъ указаніемъ на то, что для части первой насыпи можетъ явиться надобность въ открытіи резерва (т. е. въ примѣненіи поперечной

возки), что же касается второй насыпи, то для нея имѣются запасы земли какъ въ первой, такъ и второй выемкахъ, такъ какъ часть vr покрывается изъ двухъ выемокъ; отсюда дѣлаемъ выводъ, что для второй насыпи нѣтъ никакой надобности въ резервѣ.

Проведемъ теперь для каждой насыпи линіи распредѣленія подвоза. Для первой насыпи такою линіею будетъ g_1g_1 , для второй— anf , для третьей— $a_1n_1f_1$. Если принять за распредѣляющія линіи g_1g_1 и anf , то окажется, что часть земли ag изъ первой выемки распредѣляется на двѣ насыпи; это указываетъ на то, что первая выемка не можетъ нуждаться въ кавальерѣ. Если принять за распредѣляющія линіи anf и $a_1n_1f_1$, то часть af второй выемки остается нераспредѣленною, т. е. что для нея можетъ встрѣтиться надобность въ кавальерѣ.

И такъ, мы нашли пока, что первая насыпь можетъ нуждаться въ резервѣ, а вторая выемка—въ кавальерѣ. Постараемся теперь провести между первою насыпью и второю выемкою одну общую, непрерывную равнообъемную. Проведемъ линію резерва RR у первой насыпи и линію кавальера у второй выемки; возьмемъ произвольную равнообъемную и будемъ ее поднимать или опускать до тѣхъ поръ, пока не получимъ равенства цѣнъ возки по равниннымъ и горнымъ участкамъ *). Положимъ, что линія ll удовлетворяетъ этому условію, а именно:

$$(r = 29) + 25,7 + (k = 26) = 43,2 + 37,5$$

Эта линія есть наивыгоднѣйшая для распредѣленія земли на протяженіи между первою насыпью и второю выемкою. Назовемъ такую линію, проходящую черезъ нѣсколько сопряженныхъ участковъ *уравнительною равнообъемною*.

Повторяя подобныя же разсужденія относительно остальныхъ насыпей и выемокъ первыхъ 5-ти участковъ, мы нашли бы, что третья выемка тоже нуждается въ кавальерѣ. Такимъ образомъ можетъ встрѣтиться надобность въ кавальерахъ у второй и третьей выемки. Постараемся провести между ними *уравнительную равнообъемную*.

*) Это дѣлается на тѣхъ же соображеніяхъ, какъ и ранѣе, при нахожденіи общей равнообъемной всего для двухъ сопряженныхъ участковъ.

Положимъ, что таковою будетъ линія ii , для которой

$$(k = 26) + 34,2 = (k_1 = 24) + 36,2$$

Если принять линіи ll и ii за распредѣляющія, то окажется, что часть земли li изъ второй выемки распредѣляется на двѣ выемки, что невозможно, а потому линіи ll и ii должны быть замѣнены одною непрерывною. Такая непрерывная уравнительная прямая NN найдется изъ условія, что

$$(r = 29) + 28,1 + 33,2 + (k_1 = 24) = 41,5 + 35,8 + 37,0$$

Эта непрерывная уравнительная прямая и будетъ общею распредѣляющею для всѣхъ пяти сопряженныхъ участковъ.

Если бы ii расположилась выше ll , то часть выемки li пришлось бы вывезти въ кавальеръ и распредѣляющими были бы уравнительныя прямая ll и ii . Точками N и N опредѣляются границы двойныхъ работъ на протяженіи первыхъ 12 пикетовъ. Распредѣленіе земли между отдѣльными насыпями и выемками опредѣляется точками пересѣченія NN съ профилемъ распредѣленія массъ.

На продольномъ профилѣ наивыгоднѣйшее размѣщеніе земли показано разными направленіями штриховки.

Распредѣленіе земли въ предѣлахъ двойныхъ работъ.

Проведя предѣльную равнообъемную g_6g_6 , мы опредѣлили предѣлы двойныхъ работъ между пикетами №№ 12+50 и № 23+50, но между этими предѣлами встрѣчаются небольшія горы и долины, оставшіяся въ сторонѣ отъ распредѣляющей g_6g_6 и требующія по этому особаго распредѣленія. Распредѣленіе земли этихъ выемокъ между сосѣдними насыпями производится при посредствѣ *второстепенныхъ распредѣляющихъ*, на тѣхъ же самыхъ соображеніяхъ, какими вообще рѣшается вопросъ о наивыгоднѣйшемъ распредѣленіи земли. Проводимъ какую нибудь равнообъемную, пересѣкающую наиболѣе высокія горы и пробуемъ ее поднимать или опускать до тѣхъ поръ, пока не получимъ равенства цѣнъ возки по одному и другому направленіямъ. При этомъ линій резерва или кавальера принимать во вниманіе не приходится, такъ какъ линія g_6g_6 исключаетъ въ нихъ всякую надобность. Въ нашемъ случаѣ, опусканіе линіи MM

на 1 кв. единицу, дает экономию на перевозкѣ на протяженіи длинныхъ участковъ, равною $38,6 + 53,8 = 92,4$ и вызываемъ перерасходъ по перевозкѣ по горному участку $= 27,2$ и на протяженіи всего участка между № 13 и № 23, равный $65,2$, а всего $27,2 + 65,2 = 92,4$. Поэтому *ММ* можетъ служить *распредѣляющею прямою второго порядка*.

Подобнымъ же образомъ опредѣляется прямая M_1M_1 , служащая *распредѣляющею третьяго участка*.

На продольномъ профилѣ разными направленіями штриховки показано размѣщеніе земли, обусловливаемое прямыми *ММ* и M_1M_1 .

Приемы производства подводныхъ земляныхъ работъ излагаются въ курсахъ Приморскихъ Сооруженій и Водяныхъ сообщеній.