

Радивановский Владимир Иванович

Строительное искусство

**Работы: земляные, фашинные,
каменные, бетонные, деревянные,
свайные и металлические**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 82-3
ББК 84-4
В57

В57 **Владимир Иванович Р.**
Строительное искусство: Работы: земляные, фашинные, каменные, бетонные, деревянные, свайные и металлические / Радивановский Владимир Иванович – М.: Книга по Требованию, 2023. – 255 с.

ISBN 978-5-519-80172-0

ISBN 978-5-519-80172-0

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2023
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2023

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг — не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель — вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания — решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

Вслѣдствіе своего образованія и происхожденія глина въ грунтѣ имѣетъ видъ слоистыхъ напластованій различной плотности, переходящихъ мѣстами въ глинистый сланецъ. Къ характернымъ свойствамъ глины относится способность ея впитывать въ себя воду до насыщенія, при чемъ она пучится, или увеличивается въ объемѣ и затѣмъ уже не пропускать воду черезъ себя. Въ сухое время глина сильно усыхаетъ и даетъ значительныя трещины. Глина совершенно сухая и плотная отдѣляется лопатой очень трудно и при рытьѣ въ ней ямы или рва держится довольно высокой отвѣсной стѣной до 3 и болѣе сажень. Смоченная водой она дѣлается мягче и наконецъ, при большемъ количествѣ воды, совершенно расплывается, при чемъ рытье ея крайне затрудняется. Естественный откосъ сырой глины около 45° , смоченной отъ 14° до 17° ; при смѣшеніи же ея съ пескомъ и другими землями въ сухомъ видѣ уголъ откоса колеблется около 37° . Кубическая сажень глины въ грунтѣ или плотной массѣ вѣситъ отъ 1000 до 1200 пуд. Вырытая изъ грунта она увеличивается въ объемѣ до 15% , и вмѣстѣ съ тѣмъ ея относительный вѣсъ уменьшается.

Въ напластованіяхъ глина имѣетъ большей частью прослойки песка, а еще чаще бываетъ смѣшана съ камнями, известью, растительной землей и другими примѣсями. По свойствамъ своимъ глинистые грунты близко приближаются къ чистой глинѣ, но они легче отдѣляются лопатой и разрыхляются при вынутіи ихъ на поверхность земли; трамбованіемъ уплотняются, но никогда не достигаютъ своего первоначальнаго объема; изъ этого слѣдуетъ, что вновь возведенная глинистая насыпь отъ времени даетъ осадку, которая продолжается въ теченіи нѣсколькихъ лѣтъ и достигаетъ до $\frac{1}{20}$ ея высоты.

Нѣкоторые виды глинистыхъ грунтовъ имѣютъ свойство особенно сильно пучиться отъ мороза; вслѣдствіе чего зданія, на нихъ построенныя, то поднимаются, то опускаются, подвергаются поврежденіямъ и даже разрушенію. Такое явленіе чаще всего обнаруживается въ деревянныхъ зданіяхъ на оштукатуренныхъ потолкахъ, около коренныхъ трубъ, а также въ углахъ фундаментовъ, заложенныхъ на глинѣ выше уровня ея промерзанія. Пученіе глины отъ мороза также вредно отзывается на полотнахъ желѣзныхъ дорогъ, возведенныхъ на глинѣ, вслѣдствіе чего приходится движеніе на нихъ приостанавливать и глину замѣнять другимъ грунтомъ.

Насыпи, возведенныя изъ глинистыхъ грунтовъ, въ началѣ ихъ существованія, сохраняются довольно хорошо, но современемъ отъ дѣйствія воды и переменъ температуры, начинаютъ ползти и расплываться. Особенно пагубно дѣйствуютъ на сооруженія прослойки глины имѣющія уклонъ къ горизонту, обуславливающій собою часто сползваніе цѣлыхъ

сооруженій. На основаніи тѣхъ же свойствъ глины, откосы и насыпи изъ нея нуждаются въ искусственномъ укрѣпленіи и одеждѣ.

Песчаные грунты. Къ песчанымъ грунтамъ относятся какъ чистый песокъ, такъ и песокъ содержащій въ себѣ примѣси камней, растительной земли, глины и проч. Песокъ попадаетъ въ грунтъ почти повсемѣстно, но обнаженія его чаще встрѣчаются по берегамъ рѣкъ, озеръ и морей. Вслѣдствіе своего образованія песокъ большей частью бываетъ смѣшанъ съ гравіемъ и камнями, отдѣляемыми отъ него просѣиваніемъ черезъ грохотъ. По крупности зеренъ песокъ раздѣляется на *крупный*, *средній* и *мелкій*, а по составу зеренъ и тѣмъ примѣсямъ, которые между ними попадаютъ, на *кварцевый* и *землистый*.

Если песокъ сухой, то стѣнки вырытой въ немъ ямы тотчасъ обсыпаются, образуя естественный откосъ съ угломъ около 35° ; при смачиваніи же между частицами его является нѣкоторая связь, вслѣдствіе которой песчаные стѣнки пріобрѣтаютъ возможность держаться вертикальной плоскостью высотой до $2\frac{1}{2}$ арш.; уголъ естественнаго откоса сыраго песка доходитъ до 38° .

Кубическая сажень чистаго, сухаго песка, смотря по его крупности, вѣситъ отъ 815 до 960 пуд., влажнаго отъ 850 до 1050 пуд. и мокраго отъ 1000 до 1075 пуд. Песокъ, содержащій глину, тяжелѣе чистаго. Вынутый изъ грунта онъ разрыхляется, но, отъ сотрясеній и отъ времени, уменьшается въ объемѣ; слежавшійся же песокъ болѣе не даетъ осадки ни отъ груза, ни отъ трамбованія. Отсюда слѣдуетъ, что въ насыпи песокъ займетъ немного болѣе объѣмъ, нежели какой онъ имѣлъ въ грунтѣ, но объемъ этотъ въ теченіи короткаго времени приходитъ въ размѣръ близкій къ первоначальному. При желаніи болѣе быстраго уплотненія песка его поливаютъ водой, вслѣдствіе чего частицы получаютъ возможность передвигаться, сближаться и занимать болѣе выгодное положеніе, а объемъ массы уменьшается. Такимъ средствомъ пользуются при мощеніи улицъ.

Вода, попадая на песчаный грунтъ, жадно впитывается имъ до насыщенія, т. е. до того предѣла, когда всѣ промежутки между песчинками будутъ ею заполнены; при дальнѣйшемъ же притокѣ воды она размываетъ песчаную поверхность и уноситъ съ собою болѣе мелкіе частицы. Эта размывающая сила воды зависитъ отъ быстроты ея теченія и отъ крупности песка. Мелкій песокъ уносится водой, если послѣдняя имѣетъ скорость движенія $\frac{1}{8}$ фута въ секунду; средній песокъ—при скорости движенія воды $\frac{1}{2}$ фута въ секунду и крупный—при $\frac{3}{4}$ фута въ секунду. Такимъ же образомъ дѣйствуетъ и вѣтеръ, который силою своихъ порывовъ часто сглаживаетъ цѣлыя насыпи, унося песокъ на дальнія разстоянія; тѣмъ песокъ мельче и суше,

тѣмъ дѣйствіе вѣтра опустошительнѣе. На основаніи этого необходимо песчаные откосы защищать одеждой изъ дерна, растительной земли и проч. средствами.

Песокъ представляетъ хорошій матеріалъ для земляныхъ работъ, какъ по легкости добыванія его изъ грунта, такъ и потому, что при производствѣ насыпей не требуетъ трамбованія и въ работѣ скоро приобретаетъ ту же плотность, какую имѣлъ въ грунтѣ и затѣмъ не даетъ никакой осадки. Вслѣдствіе отсутствія связи между его частицами песокъ совершенно легко отдѣляется отъ массы лопатой.

Хрящеватые и гравелистые грунты. Къ этой группѣ относятся грунты, состоящіе изъ болѣе или менѣе крупныхъ кусковъ разрушенныхъ каменныхъ породъ. Хрящъ или гравій обладаетъ почти тѣми же свойствами какъ и песокъ и также раздѣляется на крупный, средний и мелкій, сортируемые помощью грохота. Хрящеватые и гравелистые грунты еще болѣе пропиаемы водой, нежели песокъ, хотя суть разновидности, такъ плотно слежавшіяся гравія, что вода задерживается на ихъ поверхности и для разработки требуютъ разрыхленія помощью взрывчатыхъ веществъ. Хрящеватые грунты представляютъ собою матеріалъ довольно цѣнный для образованія насыпей. Кубическая сажень гравія вѣситъ отъ 950—1100 пудовъ; естественный же откосъ имѣетъ уголъ доходящій до 60°.

Скалистые грунты. Такъ называются грунты, состоящіе или изъ сплошной каменной массы или изъ отдѣльныхъ болѣе или менѣе крупныхъ каменныхъ глыбъ, промежутки которыхъ заполнены болѣе мелкимъ камнемъ. Твердость скалистаго грунта зависитъ отъ состава и сложенія той породы, изъ которой онъ состоитъ. Если порода сплошная кварцевая или гранитная, то разработка ее требуетъ значительныхъ усилій и много времени. Обыкновенно въ такомъ случаѣ прибѣгаютъ къ помощи взрывчатыхъ веществъ: пороха, динамита, гираклина, пирокселина и проч. Если порода слоистая, то выломка ея облегчается и отдѣленіе пластовъ достигается ломами и клиньями. Разработка скалистыхъ грунтовъ разсматривается въ курсѣ строительныхъ матеріаловъ, въ отдѣлѣ „выломка и обдѣлка камней“.

Земляныя работы могутъ быть выполняемы или ручнымъ способомъ инструмен- или машиннымъ. Въ первомъ случаѣ употребляются приспособленія или инструменты самаго простаго вида, которые могутъ быть подраздѣлены на: инструменты, служащіе для рытья мягкихъ или разрыхляемыхъ грунтовъ и инструменты, употребляемые только для разрыхленія слежавшихся, плотныхъ грунтовъ. Къ первому виду инструментовъ относятся лопаты, ко второму—лома, мотыги и кирки.

Лопаты дѣлаются или изъ одного дерева, или же изъ дерева дѣла-

ются только однѣ рукоятки, на которыя насаживаютъ желѣзные лопасти; форма лопатъ приспособляется къ свойству грунтовыхъ и онѣ имѣютъ весьма разнообразныя размѣры. Къ наиболѣе употребительнымъ видамъ лопатъ, употребляемымъ въ Россіи, относятся:

Деревянная лопата, (черт. 1, таб. I). Она имѣетъ видъ прямоугольной доски съ закругленными углами, около 15 дюйм. шир. и 23 дюйм. длины. Въ серединѣ имѣется небольшая вогнутость, которая дѣлается съ тою цѣлю, чтобы на ней лучше задерживались сыпучіе грунты, для которыхъ она специально и предназначается. Деревянные лопаты дѣлаются обыкновенно изъ липоваго дерева, но иногда также изъ ольхи и осины; послѣдніе имѣютъ болѣе узкую лопасть и цѣнятся значительно дешевле липовыхъ. Вообще употребленіе деревянныхъ лопатъ въ земляныхъ работахъ очень ограничено.

Польская лопата. Такъ называемая польская лопата принадлежитъ къ самымъ употребительнымъ у насъ видамъ лопатъ (черт. 2, таб. I). Она вся деревянная и имѣетъ на концѣ лопасти желѣзную насадку овальной формы. Такой заостренный видъ конца ея довольно легко входитъ въ плотнотслежавшіеся глинистые и щебенистые грунты. Такъ какъ лопасть сильно утолщается кверху, то на верхній ея край очень удобно ставить ногу для ея осаживанія, и на концѣ ручки имѣется рукоятка. Въ довершеніе всего лопата очень легка. Польскія лопаты обыкновенно продаются безъ желѣзной насадки и даже заготавливаются самими землекопами, что играетъ не маловажную роль при работѣ.

Садовая лопата, (черт. 3, таб. I). Желѣзная лопасть садовой лопаты имѣетъ видъ трапеціи суживающейся книзу. Она насаживается на рукоятку помощью двухъ щековыхъ отростковъ, прибываемыхъ гвоздями или привинчиваемыхъ. Для большаго удобства работы рукояткѣ даютъ нѣкоторое наклоненіе къ лопасти. Широкий край лопаты довольно трудно входитъ въ плотные грунты, въ особенности когда онъ притупится; поэтому ее употребляютъ исключительно для грунтовъ рыхлыхъ и вязкихъ, а также для отдѣленія дерна.

При работѣ въ плотномъ грунтѣ недостаточно одного нажатія на рукоятку лопаты, но приходится еще дѣйствовать ногой; для этой цѣли верхній край лопасти загибаютъ или утолщаютъ, или же къ нижней части палки прикрѣпляютъ брусокъ *a*, какъ показано на черт. 4, таб. I, въ такомъ случаѣ лопата называется *заступомъ*, а лопата, изображенная на черт. 4, *садовымъ заступомъ*. Упомянутый, добавочный брусокъ кромѣ того позволяетъ вводить заступъ въ землю гораздо глубже, что бываетъ необходимо при пересадкѣ растений.

Балластовая лопата (черт., таб. 15 I). Лопасть балластовой лопаты дѣлается изъ желѣза и имѣетъ загнутые края, что позволяетъ захватыв-

вать за разъ большее количество сыпучихъ грунтовъ, для которыхъ она предназначена.

Шанцовая лопата (черт. 5, таб. I), имѣетъ рукоятку болѣе короткую, нежели садовая и легче послѣдней. Она наваривается сталью и употребляется для саперныхъ работъ.

При работахъ въ плотныхъ грунтахъ необходимо предварительно ихъ разрыхлить, что выполняется ломами, мотыгами и кирками.

Ломъ имѣетъ видъ круглаго, желѣзнаго стержня, толщиною около 2 д., длиною 2 арш., одинъ конецъ котораго наваривается сталью и заостривается по одному изъ способовъ изображенныхъ на черт. 6, таб. I. Ломъ съ острымъ концомъ употребляется для плотныхъ каменистыхъ грунтовъ, съ плоскимъ же и раздвоеннымъ для болѣе мягкихъ и слоистыхъ. Въ послѣднемъ случаѣ ломъ втыкается въ трещину между слоями и имъ дѣйствуютъ какъ рычагомъ. Вѣсъ ломовъ отъ 10 до 20 фунтовъ.

Кирка или *кира* имѣетъ видъ, показанный на черт. 7, таб. I. Конецъ ея заостренъ и для удобства работы загнутъ внутрь. Кирка, какъ и послѣдующіе инструменты, пасаживаются на рѣбиновыя круглыя палки, длиною въ 1 арш. 4 верш. и 2 д. діаметромъ. Изображенная на черт. 7 кирка употребляется для болѣе мягкихъ грунтовъ и имѣетъ вѣсъ отъ 6 до 10 фунтовъ. Для твердыхъ грунтовъ употребляется кирка болѣе тяжелая, имѣющая видъ, показанный на черт. 9 и 10, таб. I.

Мотыга очень похожа на кирку и отличается отъ послѣдней шириною, плоскимъ концомъ (черт. 11, таб. I). Для твердаго грунта идетъ мотыга, показанная на черт. 12. Иногда кирка и мотыга соединяются вмѣстѣ, (черт. 13), что представляетъ нѣкоторое удобство. Всѣ эти инструменты дѣлаются изъ литой стали или же изъ желѣза навареннаго сталью.

Для разработки плотныхъ и скалистыхъ грунтовъ употребляются, также желѣзные и деревянные клинья.

Земляныя работы заключаются или въ возведеніи самостоятельныхъ земляныхъ сооружений, какъ напр. дорогъ, дамбъ, укрѣпленій и проч.; или же въ видоизмѣненіи даннаго участка земли для постройки на немъ зданія, для прокладки трубъ, устройства дренажа и т. д. Въ первомъ случаѣ работы требуютъ для ихъ выполненія проекта земляныхъ работъ, выработаннаго согласно требованіямъ и мѣстнымъ условіямъ; во второмъ случаѣ видоизмѣненіе поверхности земли прямо зависитъ отъ формы того сооруженія, которое будетъ на землѣ основано, а потому самостоятельнаго проекта земляныхъ работъ можетъ и не быть.

Для составленія земляныхъ работъ необходимо имѣть слѣдующія данныя: 1) планъ той мѣстности, на которой предполагается работа, 2) рельефъ той же мѣстности, 3) размѣры и видъ будущаго сооруженія,

Составленіе
проекта
земляныхъ
работъ.

4) свѣдѣнія о качествѣ грунта и нѣкоторыя другія мѣстныя условія, могущія имѣть вліяніе какъ на трудность работъ, такъ и на возводимое сооруженіе. Въ виду того, что устройство дорогъ и желѣзныхъ въ особенности, совмѣщаетъ въ себѣ большую часть пріемовъ земляныхъ работъ, то мы и начинаемъ съ ихъ описанія.

Для составленія проекта дороги, какъ уже было упомянуто ранѣе, прежде всего необходимо имѣть планъ мѣстности. Въ этомъ случаѣ обыкновенно пользуются топографической картой, на которой наносятъ линію дороги, соединяющую два какихъ либо конечныхъ пункта, по возможно кратчайшему разстоянію. При этомъ стараются избѣгать проведенія линій чрезъ рѣки, горы и болота, такъ какъ послѣднія влекутъ за собою постройку мостовъ, глубокихъ выемокъ или туннелей, или искусственнаго укрѣпленія почвы, что сильно затрудняетъ работы и увеличиваетъ цѣнность сооруженія. Выбравъ такимъ образомъ направленіе дороги, приступаютъ къ *изысканію*, т. е. къ нивелировке мѣстности, съемкѣ и т. д.; и затѣмъ къ *разбивкѣ*.

Проектъ работъ вполне опредѣляется положеніемъ *оси* дороги и *поперечными профилями*. *Осью проекта* дороги называется средняя линія проектной поверхности, дѣлящая ее на двѣ симметричныя половины. Осъ проекта, какъ въ горизонтальной, такъ и въ вертикальной проэкціи большей частью имѣетъ видъ ломанной линіи, причемъ точки перелома въ вертикальной проэкціи могутъ и не соответствовать точкамъ перелома въ горизонтальной и обратно. (черт. 14 таб. I). Положеніе каждой изъ прямолинейныхъ частей въ горизонтальной проэкціи опредѣляется или конечными точками, или же длиною ихъ MB , BC , CQ и т. д. и румбическими или азимутными углами a , b , c и т. д. Въ вертикальной проэкціи положеніе каждой прямолинейной части MH , HP , PQ и т. д. опредѣляется длиною горизонтальной проэкціи D , D' , D'' и уклономъ къ горизонту, т. е. тангенсомъ угловъ α , α' , α'' , составляемыхъ линіей съ горизонтомъ. Эти данныя вполне опредѣляютъ ось проекта.

Поперечный профиль есть сѣченіе проектной поверхности вертикальною плоскостью, перпендикулярною къ горизонтальной проэкціи оси; онъ вообще представляетъ ломанную линію, напр. поперечная профиль желѣзнодорожнаго полотна, (черт. 15 таб. I).

Видъ поверхности земли опредѣляется съемкою и нивелировкою. послѣдняя бываетъ *продольной* и *поперечной*. Первая заключается въ томъ, что ось дороги съ плана наносится на мѣстность, обозначая ее воткнутыми въ землю жердями, называемыми *тычами*, и, провѣсивъ линію, пронивелировываютъ ее, что называется продольной нивелировкой.

Если нивелируемая мѣстность сравнительно ровная, то высота

точекъ опредѣляется черезъ 50 и болѣе саж. до 100 саж., а на волнистой рейки ставятъ на всѣхъ болѣе выступающихъ и пониженныхъ точкахъ. Поперечныя профили дѣлають въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ опредѣлена высота па оси проэкта, а крайнія ихъ точки отсгоятъ отъ оси дороги на 10—15 саж. и вообще должны быть за предѣлами сооруженія. Затѣмъ опредѣляютъ, гдѣ должна быть сдѣлана насыпь, гдѣ выемка и гдѣ планировка. Для этого поверхность проэкта наносятъ на поверхность земли.

На черт. 16 таб. 1 линія $ABCE$ есть часть продольной нивелировки, а A, B, C, E —линія горизонта. Расстоянiя D, D_1, D_2 , смотря по мѣстности, могутъ быть не равны между собою. Ось проэкта AN задается или двумя крайними отмѣтками, т. е. высотами надъ уровнемъ, или одной и тангенсомъ ея угла съ горизонтомъ. Изъ того же чертежа видно, что отъ A до O надо сдѣлать выемку, а отъ O до G —насыпь. По продольной профили можно опредѣлить разность между отмѣтками поверхности сооруженiя и поверхностью земли; эти разности надписываются красными чернилами и называются *красными отмѣтками*. Когда разность получится отрицательная, то надо сдѣлать выемку, а если положительная, то — насыпь. Напримеръ $BB_1 = a_1 - a = -K_1$; $CC_2 = \beta_1 - \beta = +K_2$. Для опредѣленiя красныхъ отмѣтокъ примѣняютъ способъ вычисленiя, а не графическiй, такъ какъ послѣднiй менѣе точенъ. Вычислимъ теперь отмѣтки точекъ B и C .

Въ выраженiяхъ $BB_2 = \alpha_1 - \alpha = -K_1$ и $CC_2 = \beta_1 - \beta = +K$ неизвѣстны α_1 и β_1 ; но $\alpha_1 = p - x$, $\beta_1 = p - y$; p есть ордината точки A ; x и y суть разности между ординатами точекъ B_2 и C_2 и ординатою точки A и опредѣляются изъ уравненiй: $\frac{x}{D} = tg\gamma$, $\frac{y}{D + D_1} = tg\gamma$; откуда $x = Dtg\gamma$; $y = (D + D_1) tg\gamma$. Величина γ извѣстна, потому что задается проэктomъ. Предполагая уклонъ $tg\gamma = i$ и подставляя найденныя величины x и y въ прежнiя уравненiя, получимъ: $BB_2 = \alpha_1 - \alpha = -K_1 = p - x - \alpha = p - Di - \alpha = -(-p + Di + \alpha)$; $CC_2 = +K_2 = \beta_1 - \beta = p - (D + D_1)i - \beta$, гдѣ всѣ члены извѣстны.

Когда ось проэкта AN задана крайними отмѣтками, а не угломъ, то величина уклона опредѣляется изъ уравненiя $i = \frac{p - p_1}{D_1 + D_2}$.

Точки O и G , представляющiя предѣлы насыпей и выемокъ, называются точками перехода.

Расстоянiе отъ точки перехода O до какойнибудь смежной, называется *синюю отмѣткою* и обозначается на планѣ синими чернилами.

Отмѣтки эти опредѣляются изъ подобiя треугольниковъ BB_2O и

$CC_2 O$, въ которыхъ $B_2 O : O_2 O = B_2 B : C_2 C$; но $B_2 O : B_2 O + C = BB_2 : BB_2 + CC_2$ или $B_2 O : B_2 C_2 = B_2 B : B_2 B + C_2 C$.

откуда $B_2 O = \frac{B_2 C_2 \times B_2 B}{B_2 B + C_2 C}$, т. е. синяя отмѣтка равна

разстоянію между профилями, умноженному на красную отмѣтку той профили, отъ которой идетъ счетъ синихъ отмѣтокъ и раздѣленную на сумму красныхъ отмѣтокъ обоихъ профилей.

Когда красныя и синія отмѣтки уже вычислены, приступаютъ къ опредѣленію количества земляныхъ работъ, т. е. *вычисляютъ объемы насыпей и выемокъ и опредѣляютъ разстояніе перевозки*.

При вычисленіи объемовъ насыпей и выемокъ обыкновенно принимаютъ, что объемъ земли между смежными профилями или пикетами равенъ объему призмы, у которой основаніе равно средней величинѣ площадей обоихъ профилей и высота равна разстоянію между профилями, т. е.:

$$V = \frac{P_1 + P_2}{2} l \quad (1)$$

гдѣ P_1 и P_2 — полныя площади двухъ смежныхъ профилей. l — разстояніе между ними. Получаемый по этой формулѣ объемъ не точенъ и всегда болѣе дѣйствительнаго.

Для полученія точнаго объема Винклеръ даетъ формулу, въ которую вводится поправка,

$$\frac{\varphi_1 + \varphi_2}{6} l,$$

формула эта слѣдующая:

$$V = \left(\frac{P_1 + P_2}{2} - \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{6} \right) l. \quad (2)$$

гдѣ P_1 , P_2 , и l — имѣютъ тѣ же значенія, какъ въ (1), а φ_1 и φ_2 площади треугольниковъ Aab и Dcd (черт. 17 табл. 1).

Послѣдняя формула даетъ точные результаты, но вычисленіе по ней представляетъ затрудненіе въ виду своей сложности. Для опредѣленія объемовъ болѣе упрощеннымъ способомъ можетъ быть употреблена другая формула ¹⁾, дающая тѣ же результаты; основаніемъ для вывода этой формулы послужили слѣдующія соображенія:

Разобъемъ объемъ земляного полотна на составныя геометрическія части, т. е. проведемъ черезъ линію $A_1 D_1$, черт. 17, плоскость $aA_1 D_1 c$ параллельно верхнимъ ребрамъ полотна и черезъ линіи aA_1 и cD_1 вертикальныя плоскости abA_1 и cdD_1 , получимъ: прямую призму съ основаніемъ $aBCc$, двѣ трехгранныя пирамиды $A_1 Aab$ и $D_1 cdD$ и клинъ $abcD_1 A_1$. Затѣмъ по срединѣ между плоскостями $ABCD$

¹⁾ Формула Мурзо.

и $A_1B_1C_1D_1$ и параллельно имъ проведемъ плоскость $A_2B_2C_2D_2$, которая раздѣлитъ это тѣло на двѣ части; эти части разобьемъ въ свою очередь на составные элементы, какъ показано на чертежѣ.

Обозначивъ площади $ABCD$ черезъ P_1 , $A_1B_1C_1D_1 = P_2$, $A_2B_2C_2D_2 = F$, $Aab = \varphi_1$, $Dcd = \varphi_2$, $Aa_1b_1 = A_2a_2b_2 = \varphi_0$, $Dc_1d_1 = D_2c_2d_2 = \varphi_4$ и $BB_1 = l$, получимъ слѣдующія уравненія.

Для цѣльнаго объема:

$$V = P_2l + \frac{P_1 + P_2 + (\varphi_1 + \varphi_2)}{2} l + \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{3} l,$$

или:

$$V = \left(\frac{P_1 + P_2}{2} - \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{6} \right) l,$$

т. е. формулу (2); для объемовъ же его частей:

$$V_2 + \left(\frac{P_1 + F}{2} - \frac{\varphi_1 + \varphi_4}{6} \right) \frac{l}{2} \quad (3)$$

$$V_3 + \left(\frac{F + P_2}{2} - \frac{\varphi_2 + \varphi_4}{2} \right) \frac{l}{2} \quad (4)$$

Сложивъ уравненія (3) съ (4), подставивъ вмѣсто φ_3 и φ_4 имъ равныя $\frac{\varphi_1}{4}$ и $\frac{\varphi_2}{4}$, и вычтя изъ этой суммы ур. (2), получимъ:

$$2(V_2 + V_3) - V = V = \left(F + \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{12} \right) l \quad (5)$$

При $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi$, т. е. когда нѣтъ поперечнаго склона, площадь φ при полугорныхъ откосахъ =

$$= \frac{ab}{2} + Ab = \frac{H-h}{2} + \frac{3}{2} (H-h) + \frac{3}{2} (H-h)^2, \text{ гдѣ } H \text{ и } h$$

красныя отмѣтки.

Подставимъ вмѣсто φ_1 и φ_2 имъ равную величину въ уравненія (2) и (5), получимъ:

$$V = \left(\frac{P_1 + P_2}{2} - \frac{(H-h)^2}{4} \right) l \quad (6)$$

$$V = \left(F + \frac{(H-h)^2}{8} \right) l \quad (7)$$

Для полученія объема въ зависимости только отъ площадей крайнихъ и средней, умноживъ ур. (5) на 2 и сложивъ со (2), тогда получимъ:

$$V = \left(\frac{P_1 + P_2}{2} + 2F \right) \frac{l}{3} \quad (8)$$

т. е. объемъ землянаго полотна равенъ объему двухъ пирамидъ, изъ которыхъ основаніе одной равно полусуммѣ крайнихъ площадей, и другой — удвоенной площади при средней красной отмѣткѣ.

Для практических цѣлей, при точномъ вычисленіи, самыя пригодныя формулы (5) и (7), какъ болѣе простыя.

Для облегченія вычисленія объемовъ прибѣгаютъ къ составленію таблицъ.

Когда объемы вычислены, опредѣляютъ разстояніе перевозки или распредѣленіе земли. Наивыгоднѣйшее распредѣленіе получается въ томъ случаѣ, когда земля, добытая изъ выемки, идетъ на сооруженіе насыпи, но, такъ какъ, при извѣстномъ разстояніи, цѣнность перевозки земли превышаетъ цѣнность ея добычи, то, при выемкѣ или насыпи значительной длины, бываетъ выгоднѣе землю, добытую изъ выемки, свалить на сторону, въ такъ называемые *отвалы* или *кавалеры*; а землю для насыпи взить подъ рукою, со стороны, изъ такъ называемыхъ *выборокъ* или *резервовъ*.

Для ясности, положимъ, что линія $ABDFH$, (черт. 18 табл. 1) представляетъ поверхность земли, а линія $ACEG$ — ось проэкта. Изъ вертикальной проэкціи видно, что отъ A до C надо сдѣлать выемку, а отъ C до E насыпь и т. д. Слѣдовательно земля изъ выемки ABC пойдетъ на устройство насыпи CDE и т. д. На черт. 19 представленъ планъ земляныхъ работъ, производимыхъ по второму способу; здѣсь M и M' — кавалеры, а N резервы.

Каждый изъ этихъ способовъ перемѣщенія земли имѣетъ свои выгоды и неудобства. Первый способъ примѣняютъ только въ томъ случаѣ, когда объемъ насыпей равенъ объему выемокъ и когда разстояніе перевозки незначительно, но, когда на пути встрѣчаются препятствія къ продольному движенію, когда необходимо ускорить работы, поставивъ большее число рабочихъ, открывая большіе резервы, то второй способъ имѣетъ болѣе преимуществъ. Обыкновенно обѣ системы соединяютъ вмѣстѣ, т. е. при переходахъ работаютъ первою, а между ними — второю системою.

Когда вычисленіе и распредѣленіе объемовъ сдѣлано, то приступаютъ къ опредѣленію среднихъ разстояній перевозки, которое принимается равнымъ разстоянію между центрами тяжести объемовъ насыпи и выемокъ, такъ какъ вообще перевозка земли производится по направленіямъ почти параллельнымъ прямой, соединяющей центры тяжести объемовъ.

Опредѣленіе центровъ тяжести. На практикѣ объемъ каждой насыпи или выемки принимается за усѣченную пирамиду, центръ тяжести которой находится на линіи, соединяющей центры тяжести оснований, въ точкѣ дѣлящей эту линію въ обратномъ отношеніи площадей профилей; напр. центръ тяжести насыпи $ABCD$ (черт. 20 табл. I) на-