

НИЗШАЯ ГЕОДЕЗІЯ.

ПОПУЛЯРНОЕ РУКОВОДСТВО КЪ СЪЕМКЪ И НИВЕЛЛИРОВКЪ.

Составилъ по программѣ земледѣльческихъ училищъ Преподаватель
Маріинскаго Земледѣльческаго Училища

М. Пославскій.

САРАТОВЪ.

Типо-Литографія Ф. М. Киммельъ, Московская, д. Квасникова.
1893.

Дозволено цензурою. Москва, 5 Іюня 1893 года.

Предварительныя понятія.

О поверхностяхъ. Поверхность есть граница тѣла. Такъ какъ тѣла въ природѣ бесконечно разнообразны, то и видовъ поверхностей очень много; но все онѣ подходятъ подъ три главныхъ опредѣленія: прямыя, кривыя и ломанныя.

Прямую поверхность, или *плоскостью* называется такая, съ которой прямая линія при наложеніи совпадаетъ всеми точками.

Ломанная поверхность состоитъ изъ нѣсколькихъ плоскостей, соединенныхъ подъ углами.

Кривыми поверхностями называются такія, съ которыми прямая линія, при наложеніи, совпадаетъ одной или нѣсколькими точками, а не на всемъ своемъ протяженіи.

Главнѣйшія кривыя поверхности слѣдующія: цилиндрическія, коническія и сферическія (шаровыя).

Цилиндрическую поверхность можно разсматривать какъ слѣдъ отъ движенія прямой линіи около сомкнутой кривой линіи, причемъ прямая при движеніи остается себѣ параллельна. Эта движущаяся линія называется *образующей*, а сомкнутая кривая—*направляющей*.

Коническую поверхность разсматриваютъ какъ слѣдъ отъ движенія прямой линіи около сомкнутой кривой линіи, причемъ одинъ конецъ образующей неподвиженъ, такъ что при движеніи она себѣ не параллельна.

Поверхности цилиндрическая и коническая, могутъ быть развернуты на плоскость безъ разрыва своихъ частей.

Сферическая, или *шаровая* поверхность образуется отъ вращенія окружности около своего діаметра; ее нельзя развернуть на плоскость безъ разрыва ея частей.

Поверхность земли—близко подходитъ къ сферической; поэтому-то точное изображеніе частей поверхности земнаго шара на плоскости невозможно.

Если бы поверхность земли не имѣла неровностей—какъ-то: горъ, холмовъ, овраговъ, долинъ и т. под., а была-бы совершенно сферическою, какъ, напр., поверхность океана, то малыя части ея (меньше одного квадратнаго градуса, какъ увидимъ ниже) можно было-бы разсма-

тривать какъ плоскости. и всѣ фигуры, находящіяся на этихъ плоскостяхъ, могли-бы быть изображены на плоскости бумаги по правиламъ построения фигуръ подобныхъ.

Въ дѣйствительности-же части земной поверхности представляютъ, въ большинствѣ случаевъ, поверхности кривыя, неправильныя, которыя нельзя развернуть на плоскость безъ разрыва ихъ частей; поэтому изображеніе и малыхъ частей поверхности земли на бумагѣ математически точно невозможно.

Проекція линий, угловъ и фигуръ.

Такъ какъ различныя точки земной поверхности не находятся въ одной плоскости, то на плоскости бумаги изображаютъ не самые предметы, а ихъ горизонтальное проложеніе или *проекцію*.

Тѣло, свободно падающее на землю, движется по прямой линіи, называемой *вертикальной* или *отвѣсной*; направленіе ея совпадаетъ съ земнымъ радіусомъ, проведеннымъ къ точкѣ паденія. Плоскость, проходящая чрезъ вертикальную линію, называется *вертикальною*. Всякая плоскость, перпендикулярная къ вертикальной линіи, называется *горизонтальною*.

Линія, лежащая на горизонтальной плоскости, называются горизонтальными или горизонталями.

Направленіе вертикальной линіи опредѣляется при помощи *отвѣса*, т. е. нити съ грузомъ; послѣдній, стремясь къ паденію, придаетъ нити вертикальное положеніе.

Горизонтальная проекція предмета есть его видъ, который онъ имѣетъ на горизонтальной плоскости.

Разсмотримъ, какъ получается проекція точки, линіи, угла и фигуры.

Проекція точки есть подошва перпендикуляра, опущеннаго изъ нея на горизонтальную плоскость. Такъ напр. (черт. 1) дана точка А, требуется опредѣлить ея проекцію. Для этого подъ или надъ точкою проводится горизонтальная плоскость MN, на которую изъ точки А опускается перпендикуляръ, подошва перпендикуляра *a* и будетъ проекціей точки А.

Проекція прямой АВ (черт. 2) есть *ab* — прямая линія, соединяющая проекціи ея крайнихъ точекъ.

Проекція линіи равна самой линіи, если таковая параллельна горизонтальной плоскости; при наклонномъ положеніи проекція меньше самой линіи; если линія вертикальна, то проекція ея точка (черт. 3-й и 4-й).

Проекція угла ABC (черт. 5) на плоскости MN будетъ уголъ *abc*, составленный изъ проекцій его боковъ. Если стороны угла парал-

лельны горизонтальной плоскости, то проекція его равна ему; въ случаѣ наклоненія сторонъ, проекція можетъ быть больше и меньше самого угла.

Проекція фигуры, наприм. многоугольника ABCDEF, (черт. 6) есть соединеніе въ одноименный многоугольникъ проекцій всѣхъ сторонъ его, или фиг. *abcdef*. Если данная фигура находится въ плоскости параллельной MN, то проекція ея будетъ равна ей; при наклонномъ положеніи площадь проекціи будетъ меньше самой фигуры.

Часть прикладной математики, которая занимается изслѣдованіемъ вида земли, измѣреніемъ различныхъ частей земной поверхности и изображеніемъ измѣренныхъ частей на бумагѣ, называется *Геодезіей*.

Геодезія дѣлится на высшую и низшую.

Высшая Геодезія или *собственно Геодезія* имѣетъ цѣлью изслѣдованіе вида земли и измѣреніе значительныхъ частей земной поверхности, принимая во вниманіе сферическій видъ земли.

Низшая Геодезія или *Топографія* имѣетъ цѣлью научить измѣренію небольшихъ частей земной поверхности, принимая эту послѣднюю за плоскость.

Величина части земной поверхности, которая можетъ быть снята дѣйствіями низшей Геодезіи, не должна превышать 10000 кв. верстъ.

Разсмотримъ это положеніе.

Землю можно принять за правильный шаръ, имѣющій радіусъ въ 5973 версты, или 2986500 саж.; слѣдовательно одинъ градусъ окружности земного шара равняется $\frac{2986500.2\pi}{360} = 52124,21$ саж.; хорда,

стягивающая эту дугу, равняется, по вычисленію, 52123,60 саж.; а касательная между точками пересѣченія ея радіусами, идущими къ концамъ дуги одного градуса, равняется 52125,57 саж. Разность между хордою и дугою = 0,61 саж., между дугою и касательною = 1,36 саж., показываетъ, что дуга въ одинъ градусъ почти сливается съ своей хордой и касательной; поэтому дуги земной окружности, величиною въ 1°, можно принимать за прямыя линіи, а поверхности, не болѣе одного квадратнаго градуса, (т. е. приблизительно, не болѣе 10000 кв. верстъ) можно принимать за плоскости и измѣрять посредствомъ способовъ, излагаемыхъ въ низшей Геодезіи.

На черт. 7-мъ ACB — дуга $= 1^\circ = 52124,21$ саж.

AB — хорда дуги $1^\circ = 52123,60$ „

ДСК — касательная $= 52125,57$ „

Геодезическія дѣйствія, производимыя на мѣстности для изображенія участка земли на плоскости бумаги, называются *съемкой*.

Съемка состоитъ въ измѣреніи линій и угловъ на земной поверхности. Результатъ съемки называется или *картой*, или *планомъ*.

Карта есть значительная часть земной поверхности, изображенная на плоскости бумаги дѣйствіями высшей Геодезіи.

Карты можно раздѣлить на три главные рода: *топографическія*, *географическія* и *морскія*.

Топографическія карты отличаются большою подробностью и точностью въ изображеніи предметовъ и общаго вида неровностей мѣстности. Наиболѣе подробныя изъ нихъ называются *семитопографическими*.

Географическія карты представляютъ цѣлое полушаріе, часть свѣта или государства и т. под. въ главныххъ очеркахъ; также положеніе и величину нѣкоторыхъ предметовъ, какъ-то: рѣкъ, кражей, горъ, городовъ, селеній, дорогъ и проч. посредствомъ принятыхъ условныхъ знаковъ. Карты по степени подробности дѣлятся на *генеральныя*, или *общія* и *спеціальныя*, или *подробныя*.

На нѣкоторыхъ картахъ изображаются какіе нибудь одни предметы предпочтительно предъ другими; такія карты, сообразно своему назначенію, принимаютъ и особое названіе: *почтовой*, *маршрутной*, *горной*, *железно-дорожной*, *почвенной*, *промышленной* и т. под.

Морскія карты изображаютъ моря и всѣ предметы, важные для мореплаванія, какъ-то: берега, острова, мели, подводные камни и т. под.; предметы же на сушѣ означаются только тѣ, которые видны съ моря.

Планы суть изображенія частей земной поверхности на плоскости бумаги, снятыя дѣйствіями низшей Геодезіи.

Планы раздѣляются на *границные* и *подробные*.

На *границныхъ* планахъ изображаются съ точностью только границы даннаго участка; положеніе же прочихъ предметовъ, какъ-то: пашни, луговъ, лѣсовъ и т. под. или совсѣмъ не назначается, или таковыя наносятся съ точностью приблизительной.

На *подробныхъ* планахъ точно обозначаются какъ границы снимаемаго участка, такъ и всѣ угодія, лежащія внутри его.

Къ отдѣлу подробныхъ плановъ относятся *хозяйственные*; на нихъ пашни изображаются съ раздѣленіемъ на поля и десятины; луга — съ обозначеніемъ, какіе изъ нихъ поемные, мокрые и сухіе, лѣса — съ обозначеніемъ ихъ породъ: вообще изображаются всѣ предметы, важные въ хозяйственномъ отношеніи.

На *лѣсныхъ* планахъ изображается все болѣе или менѣе важное въ лѣсохозяйственномъ отношеніи, предпочтительно предъ другими предметами: лѣса назначаются съ дѣленіемъ ихъ на кварталы, опредѣляется порода, возрастъ, качество лѣса.

На *военныхъ* планахъ съ отчетливостью изображаются предметы, важные въ тактическомъ отношеніи, какъ-то: всѣ неровности мѣстности съ обозначеніемъ степени крутизны покатостей, рѣки, ручьи, броды на

АС соответствующей 100 саж., то каждая десятая доля АС будет выражать 10 саж. Посему, если-бы требовалось отложить линію на планѣ въ 160 саж., то нужно одну ножку циркуля поставить на точку D, а другую—на шестомъ дѣленіи АС, въ точку *b* и въ раствореніи ножекъ циркуля получится длина требуемой линіи.

Такъ какъ раздѣленіе линій масштаба на слишкомъ мелкія части затруднительно и неудобно при обращеніи съ нимъ, то пользуются, обыкновенно, *сложнымъ* или *поперечнымъ* масштабомъ. Онъ устраивается слѣдующимъ образомъ (черт. 12): проводятъ произвольной длины прямую линію AD, на ней откладываютъ равныя части АВ, ВС и изъ точекъ А, В, С возставляютъ перпендикуляры АК, ВН, СМ. На одномъ изъ крайнихъ перпендикуляровъ АК откладываютъ равныя произвольныя части; линію АВ дѣлятъ на нѣсколько равныхъ частей (число точекъ дѣленія АВ и отложенія по АК зависитъ отъ степени точности масштаба). Изъ точекъ дѣленія 1, 2, 3, 4.... проводятъ линіи параллельныя AD; затѣмъ точку *m* соединяютъ съ точкой К и, параллельно *mK*, черезъ прочія точки—*n*, *p*, *z*.... проводятъ линіи.

Теорія поперечнаго масштаба заключается въ слѣдующемъ: пусть линія АВ раздѣлена на 10 равныхъ частей, тогда части *Am*, *mn*, *np*.... равны $\frac{AB}{10}$; вообще если раздѣлимъ АВ на *t* частей, то каждая часть $= \frac{AB}{t}$. Такимъ-же образомъ, отложивъ на перпендикулярѣ АК 10 равныхъ частей, получимъ каждую часть (*k*—1, 1—2, 2—3....) равную $\frac{AK}{10}$; вообще, если раздѣлимъ АК на *x* частей, получимъ каждую часть $= \frac{AK}{x}$.

Сдѣлавши означенное построение, получимъ треугольники — 1.*Kb*, 2.*Kg*, 3.*Kl*.... подобные треугольнику *AKm*.

Изъ подобія ихъ можно составить пропорціи:

1.*b*:*Am*=1.*K*:*AK*; 2.*g*:*Am*=2.*K*:*AK*; 3.*l*:*Am*=3.*K*:*AK* и т. д., или 1.*b*:*Am*=1:10; 2.*g*:*Am*=2:10; 3.*l*:*Am*=3:10 и т. д.,

или 1.*b*= $\frac{Am}{10} = \frac{1}{10} Am$; 2.*g*= $\frac{2}{10} Am$; 3.*l*= $\frac{3}{10} Am$. и т. д.;

но *Am*= $\frac{1}{10} AB$, слѣдов. 1.*b*= $\frac{AB}{10 \cdot 10} = \frac{1}{10 \cdot 10} AB$; 2.*g*= $\frac{2}{10 \cdot 10} AB$;

3.*l*= $\frac{3}{10 \cdot 10} AB$ и т. д.

При раздѣленіи АВ на t частей, а АК на x , линія $1.b = \frac{1}{t.x} АВ$;
 $2.g = \frac{2}{t.x} АВ$; $3.l = \frac{3}{t.x} АВ$ и т. д.

Дробь $\frac{1}{t.x}$ выражаетъ точность масштаба, или самое наименьшее дѣленіе его. Такъ какъ количествамъ t и x можно давать величину произвольную, то и точность масштаба будетъ зависѣть отъ условій построения, напримѣръ: если $t = 10$, а $x = 20$, то точность масштаба $= \frac{1}{t.x} = \frac{1}{10.20} = \frac{1}{200}$; если $t = 6$, а $x = 5$, то точность $= \frac{1}{t.x} = \frac{1}{6.5} = \frac{1}{30}$.

Опредѣленіе по линейному масштабу численнаго и по численному—линейнаго. Для построения линейнаго масштаба берется, обыкновенно, не произвольная величина АВ, но опредѣленная доля той единицы мѣры, которою измѣряются разстоянія на мѣстности. На этомъ основаніи, при всѣхъ производящихся въ Россіи съемкахъ, принято для линейной единицы масштаба брать или величину дюйма, какъ составляющаго $\frac{1}{84}$ долю сажени, или 0,01 саж. Черезъ это представляется возможность опредѣлить—во сколько разъ разстоянія между различными предметами, выраженными на планѣ, менѣе соотвѣтствующихъ имъ разстояній на мѣстности.

Если дюймъ на планѣ соотвѣтствуетъ 100 саж. на мѣстности, то всѣ линіи на планѣ будутъ въ 84.100 т. е. въ 8400 разъ менѣе соотвѣтствующихъ имъ на мѣстности: отношеніе ихъ $= \frac{1}{8400}$.

Это отношеніе длины линіи на планѣ къ длинѣ соотвѣтствующихъ имъ линій на мѣстности называется *численнымъ масштабомъ*.

По численному масштабу легко опредѣлить линейный, наприм.; 1) численный масштаб $= \frac{1}{4200}$ (т. е. одному дюйму на планѣ соотвѣтствуетъ 4200 дюймовъ на мѣстности); линейный такового $= \frac{1}{4200:84} = \frac{1 \text{ дюйм.}}{50 \text{ саж.}}$ (т. е. одному дюйму на планѣ соотвѣтствуетъ 50 саж. на мѣстности); 2) численный масштаб $\frac{1}{25200}$, слѣдоват.,

линейный $= \frac{1}{25200 : 84} = \frac{1 \text{ дюймъ}}{300 \text{ саж.}}$ (т. е. одному дюйму на планѣ соответствуетъ 300 саж. на мѣстности).

Обратно, по линейному масштабу можно опредѣлять численный: пусть 1 дюймъ на планѣ соответствуетъ 200 саженимъ на мѣстности;

слѣдов., численный масштаб $= \frac{1}{200.84} = \frac{1}{16800}$.

Переходъ отъ одного масштаба къ другому (переводъ масштабовъ). Въ нѣкоторыхъ случаяхъ при составленіи плановъ (перечерчиваніи) требуется переходъ отъ большого масштаба къ меньшему и наоборотъ; большимъ масштабомъ называется тотъ—дюйму котораго соответствуетъ меньшее количество сажень на мѣстности; такъ напр., сотый масштабъ больше двухсотого.

Чѣмъ крупнѣе масштабъ, тѣмъ больше подробностей можно нанести съ мѣстности на планъ, такъ какъ въ большемъ масштабѣ большая и точность, напр.: въ сотомъ масштабѣ точность $= 1$ саж., въ двухсотомъ $= 2$ саж. и т. д. Иначе говоря, при малыхъ масштабахъ допускается больше упущеній въ нанесеніи измѣренныхъ линій нежели въ большихъ. Изъ этого видно, почему при съемкахъ масштабъ плановъ принимается различный, сообразно назначенію ихъ.

Напримѣръ: *межевые* планы имѣютъ масштабъ $\frac{1}{8400}$ (100 саж. въ дюймѣ); *хозяйственные*, $\frac{1}{8400}$, $\frac{1}{4200}$ и т. д.

1) Пусть напр.: линію съ плана въ сотомъ масштабѣ, длиною въ 65 саж., нужно выразить въ 50-мъ масштабѣ. Такъ какъ линія въ 65 саж. въ сотомъ масштабѣ будетъ длиною въ 0,65 дюйма, а 50-й масштабъ вдвое болѣе сотаго, то та же линія, выраженная въ 50-мъ масштабѣ равна $0,65.2 = 1,30$ дюйм.

2) Съ плана, котораго масштабъ $= 200$ саж. въ дюймѣ, взята линія въ 168 саж. равная 0,84 дюйма; какой длины въ дюймахъ нужно взять ту же линію для масштаба 40 саж. въ англійскомъ дюймѣ. Для опредѣленія множимъ 0,84 на отношеніе масштабовъ $\frac{200}{40}$, получимъ

$0,84. \frac{200}{40} = 4,20$ дюйма и т. д.

Различные случаи устройства масштабовъ по данной точности. По предъидущему, точность масштаба выражается формулой

$\frac{1}{t.x}$; знаменатель этой дроби состоитъ изъ двухъ множителей: одинъ

изъ нихъ показываетъ число дѣленій на дюймѣ, другой—число дѣленій на перпендикулярѣ АК (черт. 12). Пользуясь этой формулой, по данной точности можно устроить сложный масштабъ.

1) Требуется построить масштабъ въ дюймѣ 30 саж., у котораго точность была-бы два аршина. Для этого дюймъ нужно было-бы раздѣлить на $\frac{30.3}{2} = 45$ частей, каждая изъ таковыхъ соотвѣтствовала бы 2-мъ аршинамъ. Но такъ какъ, раздѣливши дюймъ на 45 частей, получимъ очень мелкія части, то, согласно формулѣ $\frac{1}{t.x}$, строимъ сложный

масштабъ: $\frac{1}{45} = \frac{1}{9.5}$, сообразуясь съ этой дробью (черт. 13) дюймъ АВ дѣлимъ на 9 частей, а на перпендикулярѣ АК откладываемъ 5 частей, или наоборотъ. Построивши по этимъ даннымъ масштабъ, имѣемъ $ab = 2$ арш., $cd = 4$ арш., $ef = 6$ арш. и т. д.

2) Построить масштабъ въ дюймѣ 10 саж. точною въ 1 футъ. По формулѣ $\frac{1}{t.x} = \frac{1}{70} = \frac{1}{7.10}$, строимъ масштабъ (черт. 13), причемъ дюймъ MN дѣлимъ на 7 частей и на перпендикулярѣ MS откладываемъ 10 частей. Линія xx соотвѣтствуетъ 1 футу, yq — 2 фут. rp — 3 фут. и т. д.

Т р а н с п о р т и р ъ.

Нанесеніе угловъ на бумагу и опредѣленіе величины ихъ производится съ помощью прибора, называемаго *транспортиромъ* (черт. 14). Онъ состоитъ изъ линейки АВ и дуги abc , заключающей въ себѣ 180° т. е. полуокружность. На дугѣ наносятся дѣленія градусовъ и иногда полуградусы. Счетъ градусовъ идетъ отъ нуля до 180° и обратно (т. е., надъ первымъ счетомъ помѣщается второй).

Отъ вѣрнаго транспортира требуется: 1) *чтобы края линейки mn и pq были параллельны между собою*, 2) *линія, соединяющая центръ дуги транспортира, точку С, съ девятостымъ дѣленіемъ дуги, была-бы перпендикулярна краю линейки mn* и 3) *чтобы дѣленія дуги были вѣрны*.

Первое условіе повѣряется такъ: проводятъ на бумагѣ черту и прикладываютъ къ ней транспортиръ краемъ mn , а къ другой сторонѣ pq прикладываютъ треугольникъ гипотенузой и, приложивши линейку къ катету его, отнимаютъ транспортиръ; затѣмъ, не измѣняя положенія линейки, ведутъ треугольникъ вверхъ по линейкѣ и если гипотенуза его совпадаетъ съ проведенной чертой, то условіе выполнено.

Для повѣрки втораго условія строить геометрическимъ путемъ двѣ взаимно перпендикулярныя линіи; совмѣщаютъ центръ дуги транспортира съ ихъ пересѣченіемъ и сторону *mn* линейки совмѣщаютъ съ однимъ изъ перпендикуляровъ; если при такомъ положеніи другой перпендикуляръ пройдетъ черезъ дѣленіе 90° , то условіе выполнено.

Для повѣрки третьяго условія берутъ въ отверстіе ножекъ циркуля нѣсколько дѣленій, напр., 5 градусовъ, и переставляютъ ножки циркуля по всей дугѣ; если вездѣ раствореніе ножекъ циркуля соответствуетъ 5-ти градусамъ, то транспортиръ вѣренъ. Въ противномъ случаѣ онъ не годится для употребленія.

Транспортиры дѣлаются металлическіе, деревянные и роговые и раздѣляются, какъ сказано выше, на градусы и полуградуcы; слѣдоват., углы, строящіеся этими транспортирами, будутъ весьма не точны, такъ какъ наименьшая величина угла, откладываемая по нимъ, будетъ равна $30'$. (Впрочемъ, можно таковымъ транспортиромъ откладывать на глазъ углы съ точностью до $5'$). Между тѣмъ, при переносѣ работы съемки на бумагу, необходимо бываетъ построеніе угловъ съ точностью до одной минуты. Для такой точности употребляется транспортиръ съ ноніусомъ (черт. 15). Устройство его разнится отъ обыкновеннаго присутствіемъ ноніуса *mn*, который ходитъ по дугѣ ABC, прикрѣпленный къ линейкѣ *qo*. Линейка *qo* движется около центра O транспортира, какъ около оси. Центр O изображается пересѣченіемъ двухъ черточекъ на роговомъ листѣ. Край линейки *qK* находится на одной прямой линіи съ нулевымъ дѣленіемъ ноніуса. (Устройство и употребленіе ноніуса будетъ разсматриваться въ отдѣльномъ параграфѣ дальше).

Опредѣленіе величины угловъ на бумагѣ при помощи транспортира производится слѣдующимъ образомъ:

1) Пусть данъ уголь QBC, величину котораго требуется выразить въ градусахъ. (черт. 16).

Транспортиръ AMN накладываютъ на уголь QBC такъ, чтобы центръ его совпалъ съ вершиною B и край *mn* пошелъ по BC, тогда другая сторона угла BQ укажетъ на дугѣ транспортира величину угла QBC, равную напр. 75° .

2) Пусть требуется построить уголь величиною въ 68° .

Проводится на бумагѣ произвольная прямая линія AB (черт. 17); какую-нибудь точку O линіи AB принимаютъ за вершину искомаго угла, совмѣщаютъ съ нею центръ дуги транспортира и даютъ ему такое положеніе, чтобы линія OB указала на дугѣ 68° . Тогда къ краю MN линейки транспортира прикладываютъ треугольникъ P гипотенузой и къ большему катету его — линейку T; отнявши транспортиръ отъ треугольника и не измѣняя положенія линейки, ведутъ треугольникъ P по ли-

нейкъ до точки О, и проводятъ по гипотенузѣ его линію ОС; уголъ ВОС будетъ искомымъ.

Можно на бумагѣ строить углы, зная ихъ величину въ градусахъ, а также и опредѣлять величину данныхъ угловъ при помощи измѣренія хордъ и тангенсовъ.

Опредѣленіе величины угловъ измѣреніемъ хордъ. Пусть (черт. 18) даны углы—ABC, DBC, FBC; изъ вершины ихъ В радіусомъ ВК проведена дуга КМ. Соединивъ точки пересѣченія дуги КМ съ сторонами угловъ, получимъ хорды Ка, Кd, Кf. Очевидно, при общемъ для всѣхъ взятыхъ угловъ радіусѣ ВК, чѣмъ больше уголъ, тѣмъ больше будетъ и его хорда и наоборотъ. Отношеніе длины хорды къ радіусу ВК для однихъ и тѣхъ же угловъ будетъ постоянное.

Въ нижеслѣдующей таблицѣ величины хордъ вычислены для угловъ до 45° , при радіусѣ = 1000.

УГЛЫ.	0'	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'	50'	55'
0°	0	2	3	4	6	7	9	10	12	13	14	16
1°	17	19	20	22	23	25	26	28	29	30	32	33
2°	35	36	38	39	41	42	44	45	46	48	49	51
3°	52	54	55	57	58	60	61	62	64	65	67	68
4°	70	71	73	74	76	77	78	80	81	83	84	86
5°	87	89	90	92	93	94	96	97	99	100	102	103
6°	105	106	108	109	110	112	113	115	116	118	119	121
7°	122	123	125	126	128	129	131	132	134	135	137	138
8°	139	141	142	144	145	147	148	150	151	153	154	155
9°	157	158	160	161	163	164	166	167	168	170	171	173
10°	174	176	177	179	180	182	183	184	186	187	189	190
11°	192	193	195	196	197	199	200	202	203	205	206	208
12°	209	210	212	213	215	216	218	219	221	222	223	225
13°	226	228	229	231	232	233	235	236	238	239	241	242
14°	244	245	247	248	249	251	252	254	255	257	258	260
15°	261	262	264	265	267	268	270	271	273	274	275	277
16°	278	280	281	283	284	285	287	288	290	291	293	294
17°	296	297	298	300	301	303	304	306	307	309	310	311
18°	313	314	316	317	319	320	321	323	324	326	327	329
19°	330	331	333	334	336	337	339	340	342	343	344	346
20°	347	349	350	352	353	354	356	357	359	360	362	363
21°	364	366	367	369	370	372	373	374	376	377	379	380
22°	382	383	384	386	387	389	390	392	393	394	396	397

УГЛЫ.	0'	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'	50'	55'
23°	399	400	402	403	404	406	407	409	410	412	413	414
24°	416	417	419	420	421	423	424	426	427	429	430	431
25°	433	434	436	437	439	440	441	443	444	446	447	448
26°	450	451	453	454	456	457	458	460	461	463	464	465
27°	467	468	470	471	473	474	475	477	478	480	481	482
28°	484	485	487	488	489	491	492	494	495	496	498	499
29°	501	502	504	505	506	508	509	511	512	513	515	516
30°	518	519	520	522	523	525	526	527	529	530	532	533
31°	534	536	537	539	540	541	543	544	546	547	548	550
32°	551	553	554	555	557	558	560	561	562	564	565	567
33°	568	569	571	572	574	575	576	578	579	581	582	584
34°	584	586	587	589	590	592	593	594	596	597	599	600
35°	601	603	604	606	607	608	610	611	612	614	615	617
36°	618	619	621	622	624	625	626	628	629	630	632	633
37°	635	636	637	639	640	641	643	644	646	647	648	650
38°	651	652	654	655	657	658	659	661	662	663	665	666
39°	668	669	670	672	673	674	676	677	679	680	681	683
40°	684	685	687	688	689	691	692	694	695	696	698	699
41°	700	702	703	704	706	707	709	710	711	713	714	715
42°	717	718	719	721	722	723	725	726	728	729	730	732
43°	733	734	736	737	738	740	741	743	744	745	746	748
44°	749	751	752	753	755	756	757	759	760	761	763	764

Для опредѣленія величины угловъ по таблицѣ хордъ, предварительно строимъ на 10-ти полудюймахъ масштабъ съ точностью до 0,01 полудюйма. Если данъ уголь меньшій 45°, то изъ вершины А (черт. 19) радіусомъ=10-ти полудюймамъ, описывается дуга, хорда угла—MN измѣряется по масштабу; пусть, напр., MN=0,314 радіуса АМ, тогда по таблицѣ отыскиваютъ, сколько градусовъ и минутъ соотвѣтствуетъ числу 314—оказывается 18°5', такова будетъ и величина измѣряемаго угла. Если уголь больше 45° или 90°, то этимъ же путемъ опредѣляютъ величину угла дополнительнаго до 90° или до 180°, изъ чего и выводятъ величину измѣряемаго угла, напр.:

$$(\text{черт. 20}) < ABC = 90^\circ - < KBA$$

$$(\text{черт. 21}) < DEF = 180^\circ - < DEM$$

$$(\text{черт. 22}) < GHL = 90^\circ + < GHQ.$$

Обратно, если дана величина угла въ градусахъ, то можно при помощи таблицы хордъ построить на бумагѣ данный уголь. Пусть напр., измѣренный уголь=22°35', требуется построить его на бумагѣ.

Для этого, на произвольной прямой линіи изъ какой нибудь точки А (черт. 19) радіусомъ равнымъ 10-ти полудюймамъ описываемъ дугу МР; затѣмъ, отыскавши по таблицѣ величину хорды, соотвѣтствующей углу въ $22^{\circ}35'$, равную числу 392, беремъ съ масштаба линію, равную 0,392 отъ 10-ти полудюймовъ и отъ точки М по дугѣ МР откладываемъ хорду $MN = \text{числу } 0,392 \text{ десяти полудюймовъ}$. Если точку N соединить съ А, то $\angle NAM$ будетъ искомымъ.

Опредѣленіе величины угловъ по тангенсамъ. Если изъ вершины угла В (черт. 23) опишемъ произвольнымъ радіусомъ дугу СМ и изъ точки С (пересѣченія) возставимъ перпендикуляръ АС (тангенсъ) до пересѣченія съ стороною ВЕ, то отношеніе АС къ ВС (тангенса къ радіусу) для одного и того же угла будетъ одинаково. При уменьшеніи угла АВС отношеніе будетъ уменьшаться и наоборотъ.

Принявъ ВС за опредѣленную величину для всѣхъ угловъ, можно для каждаго угла опредѣлить и величину соотвѣтствующаго ему тангенса.

Въ нижеслѣдующей таблицѣ вычислены величины тангенсовъ угловъ до 45° , причемъ радіусъ (ВС) принятъ = 1000.

УГЛЫ.	0'	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'	50'	55'
0°	0	1	3	4	6	7	9	10	12	13	15	16
1°	17	19	20	22	23	25	26	28	29	31	32	33
2°	35	36	38	39	41	42	44	45	47	48	49	51
3°	52	54	55	57	58	60	61	62	64	65	67	68
4°	70	71	73	74	76	77	79	80	82	83	84	86
5°	87	89	90	92	93	95	96	97	99	100	102	103
6°	105	106	108	109	111	112	114	115	116	117	119	121
7°	123	124	126	127	129	130	132	133	135	136	137	139
8°	140	142	143	145	146	148	149	151	152	154	155	157
9°	158	160	161	163	164	166	167	169	170	172	173	175
10°	176	178	179	181	182	184	185	187	188	190	191	193
11°	194	196	197	199	200	202	203	205	206	208	209	211
12°	212	214	215	217	219	220	222	223	225	226	228	229
13°	231	232	234	235	237	238	240	242	243	245	246	248
14°	249	251	252	254	255	257	258	260	262	263	265	266
15°	268	269	271	273	274	276	277	279	280	282	283	285
16°	287	288	290	291	293	295	296	298	299	301	302	304
17°	306	307	309	310	312	314	315	317	318	320	322	323
18°	325	326	328	330	331	333	334	336	338	339	341	343
19°	344	346	347	349	351	352	354	356	357	359	361	362

УГЛЫ.	0'	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'	50'	55'
20°	364	366	367	369	370	372	374	375	377	379	380	382
21°	384	385	387	389	390	392	394	395	397	399	401	402
22°	404	406	407	409	411	412	414	416	418	419	421	423
23°	424	426	428	430	431	433	435	436	438	440	442	443
24°	445	447	449	450	452	454	456	457	459	461	463	464
25°	466	468	470	472	473	475	477	479	480	482	484	486
26°	488	489	491	493	495	497	498	500	502	504	506	508
27°	509	511	513	515	517	519	520	522	524	526	528	530
28°	532	533	535	537	539	541	543	545	547	549	550	552
29°	554	556	558	560	562	564	566	568	570	571	573	575
30°	577	579	581	583	585	587	589	591	593	595	597	599
31°	601	603	605	607	609	611	613	615	617	619	621	623
32°	625	627	629	631	633	635	637	639	641	643	645	647
33°	649	651	653	656	658	660	662	664	666	668	670	672
34°	674	677	679	681	683	685	687	689	691	694	696	698
35°	700	702	704	707	709	711	713	715	718	720	722	724
36°	726	729	731	733	735	738	740	742	744	747	749	751
37°	753	756	758	760	763	765	767	770	772	774	777	779
38°	781	784	786	788	791	793	795	798	800	802	805	807
39°	810	812	815	817	819	822	824	827	829	832	834	837
40°	839	841	844	846	849	851	854	856	859	862	864	867
41°	869	872	874	877	879	882	885	887	890	892	895	898
42°	900	903	906	908	911	914	916	919	922	924	927	930
43°	932	935	938	941	943	946	949	952	954	957	960	963
44°	966	968	971	974	977	980	983	985	988	991	994	997

Пусть требуется опредѣлить съ помощью этой таблицы величину угла ABC (черт. 23).

Предварительно строить масштаб такой же, какъ и при измѣреніи угловъ хордами. Радиусомъ, равнымъ 10-ти полудюймамъ, изъ вершины угла В описываютъ дугу СМ, въ точкѣ С возставляютъ перпендикуляръ СА до пересѣченія съ стороной АВ. Тангенсъ СА измѣряютъ въ доляхъ масштаба, пусть онъ = 0,660 радиуса ВС; находятъ по таблицѣ, что числу 660 соответствуетъ уголъ въ 33°25', такова и будетъ величина данного угла.

Если данные углы будутъ болѣе 45°, то опредѣляются тангенсы ихъ дополнительныхъ угловъ до 90° или до 180° и изъ нихъ выво-

дится величина искомымъ (черт. 24, 25 и 26) подобно тому, какъ и при опредѣленіи величины угловъ хордами.

Обратно: измѣренный уголъ на мѣстности $= 36^{\circ}40'$, требуется нанести его на бумагу.

По таблицѣ находятъ, что углу въ $36^{\circ}40'$ соответствуетъ тангенсъ $= 744$; на произвольной прямой, изъ какой нибудь точки А (черт. 27), радіусомъ, равнымъ 10-ти полудюймамъ, (съ масштаба) описываютъ дугу ВМ; изъ точки В возставляютъ перпендикуляръ ВD, равный 0,744 радіуса АВ; точку D соединяютъ съ А, тогда полученный $\angle DAB$ будетъ искомымъ.

Обозначеніе точекъ и линій на мѣстности. Точки на мѣстности, положеніе которыхъ назначается на планѣ, обозначаются *сигналами*. Сигналы дѣлятся на естественные и искусственные. Къ числу первыхъ относятся: отдѣльно стоящія деревья, столбы, шпиль и проч., однимъ словомъ, предметы хорошо видимые и не измѣняющіе своего положенія. Искусственные-же сигналы—*жерди* дѣлаются отъ одной до трехъ и болѣе саженъ длины различнаго діаметра; вообще, толщину имъ даютъ такую, чтобы они не сгибались отъ собственной тяжести.

Жерди эти называются *вѣхами*; внизу онѣ заостриваются и снабжаются желѣзнымъ наконечникомъ (башмакомъ). Длина вѣхъ зависитъ отъ разстоянія между точками и топографическаго вида мѣстности: чѣмъ больше разстояніе между точками и неровнѣе мѣстность, тѣмъ болѣе должна быть длина вѣхъ. Чтобы яснѣе можно было видѣть сигналы, на верху ихъ привязываютъ какой нибудь значекъ (флагъ, хворостъ, сѣно, траву и т. п.).

Для большого удобства наблюденія вѣхи окрашиваются въ перемѣнный цвѣтъ—бѣлый и черный (черт. 28).

Провѣситъ линію—значить, поставить на ней рядъ вѣхъ такъ, чтобы всѣ онѣ находились въ одной вертикальной плоскости и на такомъ разстояніи другъ отъ друга, чтобы съ мѣста постановки вѣхи было видно, по крайней мѣрѣ двѣ вѣхи назадъ и двѣ впередъ.

Вѣхи устанавливаются вертикально или при помощи отвѣса, или, въ большинствѣ случаевъ—на глазъ.

Разстояніе между вѣхами зависитъ отъ топографическаго вида мѣстности: на ровной поверхности—до 50 саженъ, на неровной вѣхи ставятся ближе. также и на мѣстности, покрытой лѣсомъ или кустарникомъ; (разстояніе между вѣхами зависитъ еще отъ толщины ихъ).

Если вѣха поставлена не вертикально, то можетъ произойти ошибка въ обозначеніи линіи на мѣстности.

Отклоненіе вѣхи отъ вертикальнаго положенія можетъ быть двоякое: *a)* вѣха наклонена въ направленіи проектируемой вертикальной плоскости (черт. 29), такъ что проекція вѣхи лежитъ на данной линіи; очевидно, здѣсь ошибки въ провѣшиваніи не будетъ. *b)* Если-же вѣха В (черт. 30) отклонилась въ сторону отъ вертикальной плоскости, такъ что отвѣсная линія ЕМ, проведенная чрезъ вершину ея, имѣетъ подошву внѣ данной линіи—въ какой нибудь точкѣ М, то визируя (направляя лучъ зрѣнія) по вершинамъ вѣхъ, вмѣсто линіи АС получимъ какую нибудь линію АМN. Величина отклоненія въ сторону отъ данной линіи зависитъ отъ трехъ причинъ: 1) разстоянія между первой и невѣрно поставленной вѣхой, 2) длины всей линіи и 3) угла наклона вѣхи къ горизонту.

Это вытекаетъ изъ слѣдующаго: опустивъ перпендикуляръ МО на линію АВ, проведемъ перпендикуляръ NC къ АС; получимъ два подобныхъ треугольника АОМ и АСN; изъ подобія ихъ составимъ пропорцію $AC : AO = CN : OM$; или $CN = \frac{AC \cdot OM}{AO}$. Изъ этой пропорціи мы видимъ, что чѣмъ меньше будетъ АО (разстояніе между вѣхами) и больше АС и ОМ (длина всей линіи и степень наклона), тѣмъ CN (отклоненіе) будетъ больше, и наоборотъ.

Вѣшеніе линій.

При провѣшиваніи линій встрѣчается много случаевъ, но всѣ они подходятъ подъ двѣ категоріи, а именно: I) провѣшиваніе на открытой ровной мѣстности и II)—чрезъ рвы, овраги и долины. Притомъ вѣшеніе линій дѣлится на два случая: 1) когда по двумъ даннымъ точкамъ требуется продолжить линію и 2) когда требуется между двумя точками провѣшнть линію.

I. Вѣшеніе линій на открытой мѣстности.

A) По даннымъ двумъ точкамъ А и В (черт. 31) продолжить линію или опредѣляемую. Ставятъ въ этихъ точкахъ отвѣсно вѣхи; затѣмъ, по линіи ими опредѣляемой, находятъ какую нибудь точку С, выбранную на опредѣленномъ для вѣхъ разстояніи такъ, чтобы, смотря изъ нея, казалось, что вѣха В закрываетъ вѣху А; тогда въ точкѣ С ставятъ вѣху. Такимъ же образомъ находятъ слѣдующую точку L и т. д.

B) Между двумя точками А и В требуется провѣшнть линію. Здѣсь могутъ быть случаи: 1) Между точками совершенно ров-

ная мѣстность, не представляющая никакихъ препятствій провѣшиванію; 2) неровности мѣстности мѣшаютъ видѣть изъ одной точки другую, или обѣ данныя точки недоступны; 3) между точками находится препятствіе.

1) *Провѣшить линію между двумя точками А и В (черт. 32) если обѣ точки доступны и изъ одной видно другую.*

Въ точкахъ А и В ставятъ вѣхи; промежуточные вѣхи ставятся слѣд. образомъ: съемщикъ посылаетъ рабочаго съ вѣхой въ какую нибудь точку С, выбранную на линіи АВ на опредѣленномъ для вѣхъ разстояніи отъ А, такъ, чтобы смотря изъ точки А на вѣху, поставленную въ С, казалось, что вѣха С закрываетъ вѣху В. Точно также ставятся вѣхи D, E и т. д. впрочемъ, эти послѣднія можно поставить по двумъ вѣхамъ А и С (способъ А).

2) *Провѣшить линію между двумя точками А и В, если эти точки недоступны, или между ними находится возвышеніе, препятствующее изъ одной видѣть другую.*

а) *Посредствомъ двухъ вѣхъ.* Ставятъ вѣхи въ точкахъ А и В (черт. 33); въ сторонѣ выбираютъ какую нибудь точку С, визируя изъ которой на точку В, ставятъ по линіи СВ вѣху D. Затѣмъ переходятъ въ точку D и вѣху ставятъ въ точкѣ Е по линіи DA. Перейдя въ точку Е, ставятъ вѣху въ F по линіи BE; по линіи FA ставятъ вѣху S, и продолжаютъ работу перестановки вѣхъ до тѣхъ поръ, пока не получатся такія точки N и P, что при взглядѣ изъ точки N, вѣха P закроетъ вѣху В и, при взглядѣ изъ P—вѣха N закроетъ вѣху А. Тогда, слѣдоват., вѣхи N и P находятся на линіи АВ.

б) *Посредствомъ трехъ вѣхъ.* Ставятъ вѣхи въ точкахъ А и В (черт. 34) и въ сторонѣ выбираютъ произвольную точку С, изъ которой были бы видны обѣ данныя точки. По линіямъ СВ и СА ставятъ вѣхи D и F; затѣмъ вѣху изъ точки С переносятъ въ Е по линіи DF; вѣхи изъ точекъ D и F ставятъ по линіямъ EA и EB въ точкахъ K и G; далѣе—вѣха Е переносится въ точку H по линіи GK, а вѣхи K и G переставляются по линіямъ HA и HB..... Такимъ образомъ продолжаютъ работу, пока не получатъ на одной прямой такія три точки P, Q и Z, что, при взглядѣ изъ Q, вѣха Z будетъ казаться закрывающей вѣху В и вѣха P—закрывающей вѣху А; это послужитъ знакомъ, что точки А, P, Q, Z и В находятся на одной прямой линіи.

Способъ этотъ употребляется при значительномъ возвышеніи между двумя точками и при большомъ разстояніи точки отъ точки.

Провѣшиваніе линій чрезъ лѣсъ и кустарникъ.

1) По даннымъ двумъ точкамъ *A* и *B* (черт. 35) продолжитъ линію чрезъ лѣсъ.

По предыдущему, по вѣхамъ, поставленнымъ въ *A* и *B*, ставятъ вѣхи *C* и *D*, и затѣмъ, въ лѣсу уже, вѣхи *E*, *F*, *G*..... При этомъ дѣлается неширокая (1 арш.) просѣка для того лишь, чтобы можно было видѣть изъ мѣста стоянія какой либо вѣхи двѣ вѣхи назадъ и впередъ по линіи. Если проведенная въ лѣсу линія долженствуетъ служить какой либо границей, то, по провѣшиваніи, просѣку разширяютъ до 1—3-хъ и болѣе сажень, смотря по цѣли ея назначенія.

2) Между двумя точками *A* и *B*, изъ которыхъ одна (*B*) въ лѣсу, или за лѣсомъ (черт. 36) требуется провѣсить линію.

Въ точку *B* съемщикъ посылаетъ рабочаго, который подаетъ сигналъ (крикъ, выстрѣлъ, костеръ), на сигналъ провѣшиваютъ какуюнибудь линію *АН*, разумѣется не совпадающую съ *AB*. Теперь вопросъ сводится къ тому, чтобы найти какуюнибудь точку *m*, промежуточную на линіи *AB*. Опустивъ перпендикуляръ *BO* изъ точки *B* на линію *АН*, измѣряютъ линію *AO* и откладываютъ отъ *A* по *AO* какуюнибудь ея часть, напр., $\frac{1}{4}AO = An$; въ точкѣ *n* возставляютъ перпендикуляръ, на

которомъ откладываютъ $\frac{1}{4}BO = nm$; точка *m* будетъ промежуточная линіи *AB*.

Доказательство: треугольники *BAO* и *Anm*—подобны, слѣдов. $AO : An = BO : nm$

$$\text{или } nm = \frac{An}{AO} \cdot BO = \frac{1}{4}BO$$

Нашедши такъ промежуточную точку *m*, можно уже по ней и по *A* продолжить линію, по предыдущему.

Разстоянія между вѣхами въ лѣсу даются меньшія чѣмъ на открытой мѣстности.

3) Провѣсить линію между двумя точками *A* и *B*, если между ними находится препятствіе *Z* (зданіе напр.) (черт. 37-й).

Въ этомъ случаѣ выбираютъ въ сторонѣ точку *C*, чтобы изъ нея были видны точки *A* и *B*. Провѣшиваютъ линіи *CA* и *CB*; измѣряютъ ихъ и откладываютъ отъ точки *C* какія либо ихъ части: напр. $Cn = \frac{1}{3}CB$ и $Cm = \frac{1}{3}CA$. На линіи *mn* берутъ какуюнибудь точку *t*,

по направленію tC продолжаютъ линію до точки P , отстоящей отъ t на $2.tC$.

Точка P будетъ находиться на линіи AB . Это вытекаетъ изъ слѣдующаго: треугольники ABC и mnC подобны, потому что $AC:mC=BC:nC=3:1$ и уголъ C —общій; слѣдов., линія mn параллельна AB и треугольники PBC и tnC также подобны и $PC:tC=BC:nC$ отсюда $PC = tC \cdot \frac{BC}{nC}$ или $PC=tC.3=3.tC$.

Изъ послѣдняго равенства видно, что для полученія точки P , слѣдуетъ отъ точки C отложить по прямой величину tC , взятую три раза. Имѣя точку P , уже можно по ней и точкѣ B провѣшить линію AB .

II. Провѣшиваніе линій чрезъ глубокія долины, по скатамъ горъ и чрезъ овраги.

Весьма часто случается при провѣшиваніи линій встрѣтить на пути глубокія долины, скаты горъ, овраги; при всѣхъ этихъ случаяхъ провѣшиваніе имѣетъ особые приемы.

Такъ напр.: 1) *По двумъ точкамъ A и B (черт. 38), находящимся на равнинѣ, требуется продолжить линію на скатъ горы.*

Ставятъ вѣхи въ точкахъ A и B , слѣдующую же вѣху C ставятъ на скатѣ такъ, чтобы при взглядѣ на нее изъ точки A , казалось, что вѣха B , хотя бы только вершиной, закрываетъ основаніе вѣхи C .

Вѣха D поставится по B и C и т. д. Нужно замѣтить, что чѣмъ круче скатъ, тѣмъ разстоянія между вѣхами даются меньшія.

2) *Даны двѣ точки по одной сторонѣ глубокаго оврага; требуется продолжить линію AB (черт. 39).*

Въ точкахъ A и B ставятъ вѣхи; по этимъ вѣхамъ на другой сторонѣ оврага ставятъ вѣхи C и D такъ, чтобы, при визированіи изъ точки A , вѣха B , хотя бы своей вершиною только, закрывала основаніе вѣхъ C и D . По вѣхамъ C и D ставятъ вѣху E и такимъ образомъ продолжаютъ работу.

3) *Даны двѣ точки A и B (черт. 40) на противоположныхъ краяхъ глубокаго оврага; требуется провѣшить линію AB .*

Ставятъ въ точкахъ A и B вѣхи и по нимъ, по предъидущему, устанавливаютъ вѣху C ; по B и C —ставятъ вѣхи D и E ; по A и E ставятъ вѣху K и т. д.

Измѣреніе линій на мѣстности.

Измѣреніе можетъ быть *непосредственное*, когда длину данной линіи опредѣляютъ по сравненію съ единицей мѣры, и *посредственное* — когда длину линіи выводятъ изъ измѣреній другихъ линій, состоящихъ въ геометрической связи съ данной (напр. гипотенуза равна квадратному корню изъ суммы квадратовъ катетовъ).

Измѣрить линію — значитъ найти величину расстоянія между ея крайними точками, выраженное въ линейныхъ мѣрахъ. Если двѣ точки А и В (черт. 41) находятся на мѣстности покатою, то разстояніе между ними можно разсматривать тройкое: *истинное*, *горизонтальное* и *вертикальное*. Прямая линія АВ, соединяющая обѣ точки, называется *истиннымъ* разстояніемъ; линія NB — разстояніе отъ нижней точки В по горизонтальной до подошвы перпендикуляра, опущеннаго изъ А на таковую, называется *горизонтальнымъ* разстояніемъ точекъ, или проекціей АВ; перпендикуляръ же АН называется *вертикальнымъ* разстояніемъ точекъ А и В.

При съемкѣ важно знать горизонтальное разстояніе точекъ, которое опредѣляется или непосредственно, или изъ истиннаго.

Опредѣленіе вертикальнаго разстоянія есть цѣль *нивеллированія*.

Для измѣренія линій на мѣстности употребляются: *цѣпь*, *веревка*, *шнуръ*, *тесма*, *железъ*, *полевой циркуль*, а въ иныхъ случаяхъ линіи измѣряются *шагами*.

Землемѣрная цѣпь (черт. 42) дѣлается изъ желѣзной проволоки, толщиною въ гусяное перо (0,2 дюйма). Она имѣетъ въ длину 10 саж.; состоитъ изъ звеньевъ, соединенныхъ одно съ другимъ кольцами малаго діаметра. Цѣпь называется *футовою*, когда звеньевъ 70 (звено = 1 футу) и десятичною, когда звеньевъ 100 (звено = 0,1 саж.).

На концахъ цѣпи придѣлываются большія кольца *а*, которыми она надѣвается на цѣпные кольца. Если длина цѣпи считается отъ центровъ большихъ колецъ, то крайнія звенья *т* дѣлаются короче прочихъ на величину радіуса большаго кольца (черт. 43).

Для означенія саженой, черезъ каждыя семь или десять звеньевъ (смотря по цѣпи) придѣлываются мѣдныя бляхи, на которыхъ цифрами или зубцами обозначается номеръ сажени, считая отъ концовъ къ срединѣ.

Необходимыя принадлежности цѣпи составляютъ: *цѣпные кольца* и *десять цѣпныхъ колышковъ*.

Цѣпные кольца (черт. 44) *а* в дѣлаются отъ 4-хъ до 6-ти фут. длины, 1 — 1½ вершка въ діаметрѣ; снизу они снабжены желѣзнымъ остроконечіемъ. Въ разстояніи 2 — 3 вершковъ отъ нижняго конца *б* кола въ него вколачиваютъ перекладину *п*; она служитъ для удерживанія большаго цѣпнаго кольца.

Цѣпные колышки (черт. 45). Они дѣлаются изъ дерева или изъ желѣзной проволоки, толщиною 0,2—0,3 дюйма и длиною 1—1½ фута; снизу они заострены, а вверху загнуты въ кольца, которыми и нанизываются на веревку или на проволочное кольцо при переноскѣ.

Измѣреніе линій цѣпью производится слѣдующимъ образомъ: два человѣка, надѣвши цѣпь крайними большими кольцами на цѣпные кольца, вытягиваютъ ее по линіи, причемъ задній ставитъ цѣпной коль въ начальную точку и направляетъ передняго по линіи. Затѣмъ передній вытягиваетъ цѣпь, встряхивая ее, поправляетъ, если запутались звенья и ставитъ на мѣстѣ цѣпнаго кола цѣпной колышекъ. Послѣ этого, задній ставитъ свой цѣпной коль въ мѣсто стоянія передняго, беретъ себѣ цѣпной колышекъ, а передній вытягиваетъ цѣпь по линіи дальше, ставитъ слѣдующій цѣпной колышекъ при своемъ концѣ цѣпи и т. д. до конечной точки измѣряемой линіи. Число колышковъ, собранныхъ сзади идущимъ, покажетъ — сколько легло цѣпей по измѣряемой линіи. Когда задній рабочій соберетъ всѣ 10 колышковъ, т. е., пройденное разстояніе будетъ = 100 саж., то передаетъ всѣ колышки переднему; на мѣстѣ сотой сажени вбивается деревянный колышекъ (сотка) и дѣйствіе измѣренія продолжается тѣмъ же порядкомъ.

Для возможно точнаго опредѣленія длины линій цѣпью, нужно соблюдать слѣдующее: 1) измѣряемыя линіи должны быть предварительно точно провѣшены; 2) кольца и звенья цѣпи не должны быть запутаны; 3) цѣпные кольца должны ставиться отвѣсно и въ направленіи измѣряемой линіи; 4) цѣпь должна быть вытягиваема по линіи такъ, чтобы представляла прямую линію; 5) если длина цѣпи считается между центрами большихъ колецъ, то цѣпной колышекъ долженъ ставиться на мѣстѣ цѣпнаго кола; если же конечными точками 10 саж. считаются центры малыхъ колецъ (связывающихъ большія кольца съ цѣпью), то цѣпные колышки ставятся на нихъ.

Точно соблюдая вышесказанныя условія, можно измѣрять линіи съ точностью до $\frac{1}{400}$ саж.; т. е., линія въ 400 саж., будучи измѣрена цѣпью, можетъ получиться равною или 399, или 401 сажени.

Точность измѣренія цѣпью зависитъ, главнымъ образомъ, отъ вида поверхности данной мѣстности. Считаютъ, что линіи, пролегающія на ровной открытой мѣстности, могутъ быть измѣрены съ точностью до $\frac{1}{1000}$. На мѣстности ровной и открытой, но при болотистой сырой почвѣ, — съ точностью до $\frac{1}{500}$. Если же линія пролегаетъ по кочковатымъ мѣстамъ,

или покрытымъ буреломомъ, валежникомъ, пнями, то точность измѣренія колеблется между $\frac{1}{200}$ и $\frac{1}{100}$. Вообще же средняя точность измѣренія линій цѣпью принята равною $\frac{1}{400}$.

Повѣрка цѣпи. Предъ работою цѣпью необходимо повѣрить: дѣйствительно-ли ее длина равна 10 саж.

Для повѣрки употребляется деревянный брусокъ длиною въ одну сажень. При неймѣнии саженнаго бруска, его легко можно приготовить, отложивъ по бруску 84 дюйма съ масштаба.

Повѣрка цѣпи производится слѣдующимъ образомъ: цѣпь вытягиваютъ на ровномъ и гладкомъ мѣстѣ и прикладываютъ сажень однимъ концомъ къ началу 10-ти сажень, отмѣчая другой конецъ сажени какимъ либо знакомъ; затѣмъ перекладываютъ сажень однимъ концомъ къ отмѣченному знаку и замѣчаютъ по цѣпи другой конецъ сажени и т. д. до конца цѣпи.

Для точнаго измѣренія какой либо линіи, нѣтъ необходимости, чтобы длина цѣпи съ точностью равнялась десяти саженьмъ, достаточно знать: на сколько именно цѣпь длиннѣе или короче десяти сажень.

Если цѣпь длиннѣе десяти сажень, то къ длинѣ линіи, полученной при измѣреніи такой цѣпью, нужно придать существующій избытокъ, умноженный на число цѣпей; а если короче — то тоже самое вычесть.

Положимъ, что цѣпь больше 10-ти сажень, слѣдовательно всѣ измѣренныя ею линіи будутъ болѣе, чѣмъ показала цѣпь, напр.: пусть измѣрена линія въ 120 саж. невѣрной цѣпью, длина которой больше нормальной на $3\frac{1}{4}$ дюйма.

Настоящая длина линіи равна $120 \text{ саж.} + (3\frac{1}{4} \text{ д.} \times 12) = 120 \text{ саж.} 3 \text{ ф.} 3 \text{ д.}$, каковую и должно отложить на бумагѣ.

Такимъ-же образомъ, если измѣрены на мѣстности линіи: въ 15 саж., 130 саж., 260 саж., 2600 саж., то нужно отложить на бумагѣ линіи: въ 15 саж. 4,8 дюйма, 130,5 саж., 261 саж., 2610 саж.

Цѣпь дѣлается больше своей нормальной отъ растягиванія колець, соединяющихъ звенья.

Положимъ, что отъ употребленія нѣкоторыя звенья цѣпи согнулись, чрезъ что она сдѣлалась короче десяти сажень, напр. на $1\frac{1}{2}$ дюйма. Пусть этой цѣпью измѣрена линія въ 280 саж., т. е., на этой линіи улеглось 28 цѣпей. Слѣдовательно, истинная длина линіи будетъ меньше измѣренной на $1\frac{1}{2}$ д. $28 = 42$ дюйма; т. е., длина линіи будетъ равна 280 саж. — 42 дюйма = 279,5 саж.

Измѣренныя невѣрною цѣпью линіи на мѣстности въ 280 саж., 520 саж., 620 саж.; настоящая длина ихъ равна 279,5 саж., 519 саж. 6 дюймовъ, 618 саж. 6 фут. 3 дюйма.

Мѣрная веревка употребляется въ тѣхъ случаяхъ, когда при измѣреніи линій не требуется строгой точности и нѣтъ другихъ мѣрительныхъ приборовъ. Для этой цѣли берется обыкновенная пеньковая веревка, длиною въ 10 саж., толщиною въ $1\frac{1}{2}$ дюйма. На концахъ ея дѣлають петли, которыми веревка надѣвается на цѣпные кольца; для означенія саженой и частей сажени привязываютъ куски кожи, холста, или сукна. Чтобы предохранить веревку отъ сырости и вытягиванія, варять ее въ льняномъ маслѣ, или осмаливаютъ; но, несмотря на такія предосторожности, веревка вытягивается и измѣренія ею очень ошибочны.

Шнуръ употребляется при нанесеніи на планъ подробностей мѣстности. Онъ дѣлается изъ тонкой веревки, длиною 50 — 100 саж.; сажени и десятыя доли сажени означаются кусочками кожи. Шнуръ наматывается на катушку (черт. 46)—валь, который свободно вращается на небольшомъ колѣшкѣ, какъ на оси.

Мѣрная тесьма, длиною въ 10 саж., готовится обыкновенно изъ льняныхъ крученыхъ нитокъ; шириною она въ 1 — $1\frac{1}{2}$ дюйма. Ее вывариваютъ въ маслѣ и покрываютъ лакомъ для предохраненія отъ сырости. Тесьму раздѣляютъ съ одной стороны на сажени, футы и дюймы, а съ другой — на десятыя и сотыя доли сажени, или — на аршины, вершки и части вершка. Она помѣщается въ кожанномъ футлярѣ (черт. 47) и прикрѣплена однимъ концомъ къ желѣзной втулкѣ, на другомъ концѣ имѣетъ кольцо *a*; съ помощью рукоятки *C* лента свободно наматывается на втулку.

Тесьма исключительно употребляется при архитектурныхъ и инженерныхъ работахъ, или — когда топографическая съемка дѣлается въ очень крупномъ масштабѣ: напр. 5 — 10 саж. въ дюймѣ, гдѣ слѣдовательно, необходимы болѣе мелкія дѣленія, чѣмъ какія представляетъ цѣпь.

Тесьма стальная, по точности, стоитъ выше льняной и мѣрной цѣпи, послѣдняя даже цовѣряется стальной лентой. Въ послѣднее время она входитъ въ употребленіе вмѣсто цѣпи.

Жезлъ — брусокъ, длиною въ 2 — 3 сажени, употребляется при измѣреніи короткихъ линій.

Полевой циркуль — употребляется при измѣреніяхъ, не требующихъ большой точности. Дѣлается онъ изъ дерева; по устройству похожъ на чертежный, только большихъ размѣровъ (черт. 48): ножки, величиною футовъ 5, соединены вверху шарниромъ и закрѣпляются пайкой *H*, навинчиваемой на ось шарнира. Растворенію ножекъ циркуля

можно придать произвольную величину, каковая и удерживается безъ измѣненія планкою ab , прикрѣпляющеюся винтами a и b къ ножкамъ циркуля.

Измѣреніе линій шагами — употребляется тогда, когда не требуется большой точности. Предварительно съемщикъ долженъ вывѣрить свой шагъ, т. е. опредѣлить — какой части линейной единицы мѣры онъ равняется. Если напр., шагъ равенъ 1 аршину, то линія въ 448 шаговъ $= \frac{448}{3} = 149$ саж. 1 арш.

Лучше опредѣлять длину линій шагами такимъ путемъ: пусть, при неоднократной провѣркѣ шага, въ среднемъ оказалось, что въ 10 саж. помѣщается 28 шаговъ съемщика; изъ этого вывода опредѣляется длина линій, измѣренныхъ шагами въ саженьяхъ.

Положимъ, измѣрены линіи: въ 350, 576 и 188 шаговъ, требуется опредѣлить число сажень въ каждой.

Изъ пропорцій: 1) $28 : 350 = 10 : x$ находимъ $x = \frac{350 \cdot 10}{28} = 125$ саж.

2) $28 : 576 = 10 : x'$ „ „ $x' = \frac{576 \cdot 10}{28} = 205\frac{5}{7}$ саж.

3) $28 : 188 = 10 : x''$ „ „ $x'' = \frac{188 \cdot 10}{28} = 67\frac{1}{7}$ саж.

Слѣдов., линія въ 350 шаговъ $= 125$ саж.

„ „ „ 576 „ $= 205\frac{5}{7}$ саж.

„ „ „ 188 „ $= 67\frac{1}{7}$ саж.

Измѣреніе линій на покатосяхъ.

Когда измѣряется линія на мѣстности покатою или неровной, то истинная длина будетъ болѣе горизонтальнаго ея проложенія (проекціи), каковое, собственно, должно быть наносимо на планъ.

Для опредѣленія горизонтальной проекціи линіи существуютъ различные способы, а именно:

1) Цѣпь вытягиваютъ горизонтально (черт. 49), для чего поднимаютъ тотъ изъ ея концовъ, который ниже; а чтобы она по своей тяжести не образовала кривой линіи, ее поддерживаютъ по срединѣ, или въ двухъ мѣстахъ.

Если крутизна покатости довольно значительна, то удобнѣе будетъ измѣрять, проекціи сложенной вдвое цѣпью.

Очевидно, проекція линіи $AB = KB = Ky + ym + mn + nB. = Aa + bb + cc + dd.$

Какъ-бы ни старались приподнятой въ одномъ концѣ цѣпи дать горизонтальное положеніе, но все таки, вслѣдствіе тяжести своей, цѣпь будетъ представлять не прямую, а нѣкоторую кривую вогнутую, близко подходящую къ дугѣ круга. Точныя изслѣдованія по сравненію таковой кривой съ ея хордой показали, что разница между ними не превышаетъ 0,002 саж., что составляетъ $\frac{1}{5000}$ всей длины цѣпи; разность эта настолько незначительна, что ею можно пренебречь безъ ущерба точности.

Изложенный способъ употребителенъ въ тѣхъ случаяхъ, когда данная линія имѣетъ *малый наклонъ* къ горизонту.

При большихъ наклонахъ линіи удобнѣе и точнѣе измѣряются *жезломъ*.

Пусть (черт. 50) даны точки А и В, между которыми требуется опредѣлить проекцію АВ линію ВН.

Кладутъ жезлъ однимъ концомъ въ точку А, направляютъ по АВ, придаютъ ему горизонтальное положеніе (или на глазъ, или по уровню) и противъ другаго конца *a* ставятъ отвѣсно колъ, который укажетъ нѣкоторую точку *b*. Въ точкѣ *b* опять укладываютъ жезлъ однимъ концемъ, направляютъ по АВ, приводятъ въ горизонтальное положеніе и около другаго конца — *m* ставятъ отвѣсно колъ, чѣмъ опредѣляютъ точку *n*.

Такимъ образомъ работа измѣренія продолжается до точки В. Очевидно, что линія НВ (проекція АВ) $= Hk + kr + rB = Aa + bm + nt$.

На черт. 51-мъ показано устройство усовершенствованнаго жезла, употребляемаго при измѣреніи линій, наклонныхъ къ горизонту. Онъ состоитъ изъ деревяннаго бруска MN въ двѣ или три сажени длины, съ дѣленіями на доли сажени. Брусокъ MN вкладывается въ скобы *nm* и *pt*, двигающіяся вверхъ и внизъ по кольямъ АВ и CD, которые снабжены желѣзными остроконечіями. На брускѣ MN прикрѣпленъ уровень К (снарядъ, служащій для приведенія линій и плоскостей въ горизонтальное положеніе).

Устройство жезла на подъемныхъ скобахъ позволяетъ поднимать и опускать брусокъ, отдалять и сближать кольца по мѣрѣ надобности. (На черт. 52 показано отдѣльно устройство скобы *pt*).

Непосредственное измѣреніе проекцій линій примѣнимо только, когда онѣ коротки, въ противномъ случаѣ, подобное измѣреніе отнимаетъ много времени.

Гораздо удобнѣе, скорѣе и точнѣе опредѣляются проекціи данныхъ линій изъ ихъ истинныхъ разстояній, уменьшенныхъ сообразно углу наклоненія.

Въ этомъ случаѣ измѣряютъ истинное разстояніе данныхъ точекъ и опредѣляютъ величину угла наклоненія данной линіи къ горизонту. Потомъ, на основаніи этихъ данныхъ, по таблицѣ угловъ наклоненія, или по угловому масштабу, опредѣляютъ длину проекціи линіи.

Уголь наклоненія есть уголь, составленный данной линіей съ своей проекціей на горизонтальной плоскости. Для опредѣленія величины угловъ наклоненія употребляются инструменты, называемые *высотомѣрами* или *эклиметрами*.

Простой изъ высотомѣровъ представляетъ прямоугольную доску MN (черт. 53), на которой начерченъ полукругъ, раздѣленный на градусы. Средина полуокружности обозначается 0^0 и отсюда идетъ счетъ градусовъ въ обѣ стороны до 90^0 . На верхней части доски прикрѣплены два шпенька *a* и *b* такъ, чтобы линія *ab* была перпендикулярна къ линіи, соединяющей центръ полукруга съ нулевымъ дѣленіемъ. Въмѣсто шпенокъ *a* и *b* употребляются *діоптры* — металлическія или деревянные дощечки, изъ которыхъ одна имѣетъ узкій прорѣзъ (глазной діоптръ), а другая въ широкомъ вырѣзѣ имѣетъ горизонтально натянутый волосокъ (предметный діоптръ) (черт. 54). Въ центрѣ дуги высотомѣра *n* укрѣплена нить съ отвѣсомъ *m*. Пусть (черт. 55) требуется опредѣлить величину угла наклоненія линіи АВ къ горизонтальной ВН т. е., $< АВН$.

Въ точкѣ В ставятъ отвѣсно колъ такой высоты какъ глазъ наблюдателя, надъ точкою А. Въ точкѣ А становятся съ эклиметромъ, которому дается такое положеніе, чтобы линія визированія (чрезъ верхушки шпенокъ или діоптры), проходила бы также и чрезъ вершину кола В; тогда отвѣсъ *xn* покажетъ величину угла $mzn = < АВН$ (какъ углы съ перпендикулярными сторонами и одноименные).

Другой простѣйшій высотомѣръ, представленный на черт. 56-мъ, имѣетъ видъ прямоугольнаго сектора равнаго четверти окружности. Дуга его раздѣлена на градусы съ нумераціей отъ 0^0 до 90^0 и обратно.

Опредѣленіе имъ угловъ наклоненія производится аналогично предъидущему. Напр.: для опредѣленія величины угла наклоненія линіи АВ (черт. 57) къ горизонтальной ВН, становятся въ точкѣ А съ эклиметромъ и направляютъ одинъ край его *tx* на вершину *a* кола, поставленнаго въ точкѣ В (высота кола должна быть равна высотѣ глаза наблюдателя надъ точкою А).

Отвѣсъ *tm* покажетъ по дугѣ эклиметра число градусовъ, заключающихся въ углѣ $mtn = < АВН$ (углы *mtn* и АВН равны по перпендикулярности сторонъ).

Высотомѣръ Шмалькальдера состоитъ изъ мѣдной цилиндрической коробки А (черт. 58-й), въ центрѣ которой, на стальной оси

вращается высеребранный кружокъ BB' съ градусными дѣленіями. Нуль дѣленій находится на обоихъ концахъ діаметра dd и счетъ градусовъ идетъ отъ 0^0 до 90^0 . На діаметръ $90^0—90^0$ прикрѣплена тяжесть ff , которая вращается вмѣстѣ съ кольцомъ BB' ; эта тяжесть заставляетъ, при вертикальномъ положеніи діаметра $90^0—90^0$, діаметръ dd принимать горизонтальное положеніе. Коробка сверху закрывается стеклянной крышкою. Съ боковъ ея, на шарнирахъ, діаметрально противоположно прикрѣплены два діоптра—двѣ мѣдныя пластинки. Одинъ изъ діоптровъ K съ широкимъ вырѣзомъ и натянутымъ въ немъ волоскомъ называется предметнымъ; другой— L съ узкимъ прорѣзомъ называется — глазнымъ. Оба діоптра окрашены въ черную краску. Кромѣ прорѣза vs въ глазномъ діоптрѣ есть двѣ круглыхъ скважины v и s ; въ скважину s видна хрустальная призма tup , трехгранной формы, вдѣланная въ мѣдную оправу.

Двугранный уголъ $P=90^0$, а углы при u и t по 45^0 . Нижняя поверхность призмы, обращенная къ градусной подписи, выпуклая, а прочія—плоскія. Въ мѣдной оправѣ призмы вырѣзано снизу отверстіе, чрезъ что доставляется возможность, при опредѣленіи угловъ видѣть ту градусную величину на кругѣ BB' , которая находится подъ призмой: такъ какъ лучъ, падающій отъ круга дѣленій на выпуклость призмы pu , отразится въ призмѣ и попадетъ въ глазъ наблюдателя чрезъ отверстіе vs . Изображеніе получается въ обратномъ видѣ: поэтому - то поднявъ градусовъ на кругѣ дѣленій должна быть сдѣлана въ обратномъ видѣ, чтобы изображеніе цифръ представились для глаза въ прямомъ.

Для правильной установки призмы Ptu надъ кругомъ дѣленій, глазной діоптръ выдвигается по произволу посредствомъ скобы. Скобу въ коробку проходитъ рычагъ Z , которымъ кругъ BB' прижимается неподвижно къ стеклу.

Тяжесть f при помощи винта O передвигается въ одну и другую сторону, чѣмъ линія dd устанавливается въ горизонтальное положеніе.

Чтобы эклиметромъ Шмалькальдера опредѣлять величину угла наклоненія ABC линіи AB (черт. 59), въ точкѣ B ставятъ вертикально колъ такой высоты, какова высота глаза наблюдателя надъ точкою A , а въ точкѣ A становятся съ инструментомъ, причемъ держатъ его вертикально, такъ, чтобы волосокъ предметнаго діоптра былъ горизонталенъ и направляютъ линію визированія на вершину кола въ точкѣ B . При этомъ грузъ Q измѣнитъ положеніе градуснаго кружка, относительно линіи діоптровъ и діаметръ $0^0—0^0$ составитъ съ линіей визированія нѣкоторый уголъ $bat=can$; чрезъ глазной діоптръ s будетъ видно на кружкѣ дѣленіе, выражающее величину угла $can=ABC$ (по параллельности сторонъ).

По нижеслѣдующей таблицѣ, зная истинное разстояніе точекъ, и уголъ наклоненія данной линіи къ горизонту, можно опредѣлить проекцію.

Таблица состоитъ изъ двухъ графъ: въ первой графѣ вписаны величины угловъ наклоненія, во второй графѣ помѣщены разности, указывающія насколько наклонная линія длиною въ 10 саж. больше своей горизонтальной проекціи.

Пусть измѣрена линія въ 50 саж., пролегающая по покатости съ угломъ наклоненія $= 20^\circ$, опредѣлить ея проекцію?

Смотря по таблицѣ — какая поправка соотвѣтствуетъ углу наклоненія въ 20° , множить ее на число цѣпей и, вычитая произведеніе изъ истиннаго разстоянія, получаютъ проекцію данной линіи, т. е.: $= 50 - (0,60.5) = 47$ саженей.

Пусть измѣрена линія ABCDEFG (черт. 60), причѣмъ длина

AB $= 163.2$ и уг. накл. ея $= 10^\circ$

BC $= 48,4$ " $= 5^\circ$

CD $= 34,4$ " $= 15^\circ$

DE $= 90,5$ " $= 20^\circ$

EF $= 78,9$ " $= 18^\circ$

FG $= 108.3$ саж. " $= 15^\circ$

Итого 523.7 сажени.

Углы наклоненія.	Поправка для 10 саж.	Углы наклоненія.	Поправка для 10 саж.
30	0,01 саж.	250	0,94
40	0,02 саж.	260	1,01
50	0,04	270	1,09
60	0,06	280	1,17
70	0,08	290	1,25
80	0,10	300	1,34
90	0,12	310	1,43
100	0,15	320	1,52
110	0,18	330	1,61
120	0,22	340	1,71
130	0,26	350	1,81
140	0,30	360	1,91
150	0,34	370	2,01
160	0,39	380	2,12
170	0,44	390	2,23
180	0,49	400	2,34
190	0,55	410	2,45
200	0,60	420	2,57
210	0,67	430	2,69
220	0,73	440	2,81
230	0,80	450	2,93
240	0,87	460	3,05

Вычисленіе поправокъ по таблицѣ:

Для AB поправка $= 0,15 . 16,32 = 2,45$ сажени.

" BC " $= 0,04 . 4,84 = 0,19$ "

" CD " $= 0,34 . 3,44 = 1,17$ "

" DE " $= 0,60 . 9,05 = 5,43$ "

" EF " $= 0,49 . 7,89 = 3,87$ "

" FG " $= 0,34 . 10,83 = 3,68$ "

Сумма поправокъ $= 16,79$ саж.

Отсюда выводимъ, что измѣренная линія ABCDEFG длиннѣе своего горизонтальнаго проложенія на 16,79 саж.; слѣдовательно, линія AH $= 523,7 - 16,79 = 506,91$ саж.

Рѣшеніе различныхъ задачъ на мѣстности посред- ствомъ цѣпи и кольевъ.

Посредствомъ цѣпи и кольевъ можно рѣшать различныя задачи на мѣстности. Только главныя изъ нихъ будутъ подлежать разсмотрѣнію. Нужно замѣтить, что въ практикѣ одна и та же задача можетъ быть выполнена различнымъ образомъ; но избирается такой способъ рѣшенія, который болѣе примѣнимъ къ свойствамъ данной мѣстности.

Задачи эти слѣдующія: 1) возстановленіе и опусканіе перпендикуляровъ, 2) проведеніе параллельныхъ линій, 3) измѣреніе непріступныхъ разстояній, 4) Измѣреніе величины угловъ и 5) опредѣленіе высоты предметовъ.

1) Проведеніе линій перпендикулярныхъ даннымъ.

а) *Къ линіи АВ въ данной точкѣ Р (черт. 61) требуется возстановить перпендикуляръ.* Для этого, отъ точки Р откладываютъ по АВ три сажени до точки *m*; затѣмъ укрѣпляютъ кольцо цѣпи въ точкѣ Р, а конецъ девятой сажени въ *m* и оттягиваютъ цѣпь въ сторону такъ, чтобы отъ перегиба Q линія $Qm = 5$ саж. и $QR = 4$ саж.

Тогда QR будетъ перпендикуляръ къ АВ, на томъ основаніи, что здѣсь соблюдено геометрическое положеніе: $Qm^2 = QR^2 + Rm^2$ т. е., $5^2 = 4^2 + 3^2$. Поэтому треугольникъ QРm прямоугленъ и РQ его катеть.

б) *Второй способъ* (черт. 62). Отъ точки Р, по данной линіи АВ, откладываютъ въ одну и другую сторону равныя разстоянія mP и Pn (по три или четыре сажени). Замѣтивъ кольями точки *m* и *n*, кольца цѣпи укрѣпляютъ въ этихъ точкахъ и оттягиваютъ цѣпь въ сторону такъ, чтобы перегибъ ея оказался на срединѣ, въ точкѣ Q. Если соединить точку Р съ Q, то линія PQ будетъ перпендикулярна къ АВ, потому что треугольникъ mQn равнобедренный, и линія PQ, какъ соединяющая вершину треугольника съ серединой основанія, будетъ перпендикулярна къ основанію.

в) *Третій способъ* (черт. 63). Отъ точки Р по линіи АВ откладываютъ три или четыре сажени до точки *m*. Укрѣпляютъ концы цѣпи въ точкахъ Р и *m* и вытягиваютъ ее въ сторону такъ, чтобы перегибъ цѣпи былъ на ея срединѣ въ точкѣ *t*. Затѣмъ, отнявши конецъ цѣпи отъ Р, вытягиваютъ ее по продолженію *tm*; если конецъ цѣпи *q* соединить прямою линіей съ Р, то линія qP будетъ перпендикуляръ къ АВ на слѣдующемъ основаніи: треугольники mtp и tqp равнобедренные, такъ какъ $mt = tp = tq$, слѣдов., уголъ $y = \angle z$ и $\angle a = \angle b$; въ треугольникѣ mqr $\angle y + \angle z + \angle b + \angle a = 2d$; но $\angle y + \angle z = 2z$ и $\angle b + \angle a = 2a$; слѣдов., $2z + 2a = 2d$; раздѣливъ обѣ части равенства на 2, получимъ: $z + a = d$, т. е., линія qP перпендикуляръ къ АВ.

Опустить перпендикуляръ изъ точки на линію.

а) *Когда разстояніе отъ данной точки до линіи меньше 10 саж.* Пусть (черт. 64) требуется изъ точки P на линію AB опустить перпендикуляръ. Для этого въ точкѣ P укрѣпляется одинъ конецъ цѣпи, а другимъ концемъ она вытягивается къ линіи AB , въ одну и другую сторону и замѣчаютъ точки m и n , гдѣ цѣпь своимъ концемъ коснулась линіи. Разстояніе mn дѣлятъ пополамъ въ точкѣ Q и соединяютъ точку Q съ P . Линія PQ будетъ перпендикулярна къ AB на томъ основаніи, что треугольникъ mPn — равнобедренный, гдѣ mn — основаніе, а линія PQ , какъ соединяющая вершину равнобедреннаго треугольника съ серединой основанія, перпендикулярна къ основанію.

б) *Когда разстояніе отъ точки до линіи больше 10-ти саж.* Пусть (черт. 65) требуется опустить перпендикуляръ на линію AB изъ точки D .

Выбираютъ на линіи AB какую либо точку q такъ, чтобы она казалась приблизительно подошвой перпендикуляра, опущеннаго изъ точки D , и возсталяютъ въ ней къ линіи AB перпендикуляръ qO (по предъидущему). На qO опускаютъ изъ точки D перпендикуляръ Dt , измѣряютъ его и откладываютъ по линіи AB отъ точки q линію $qN = Dt$. Если точку N соединить съ D , то линія ND будетъ перпендикулярна къ AB .

2) Проведеніе параллельныхъ линій.

а) *Черезъ данную точку m провести параллельную къ линіи AB* (черт. 66).

Точку m соединяютъ съ произвольно взятою на линіи AB точкою n ; измѣряютъ nm и въ точкѣ O дѣлятъ ее пополамъ. Другую произвольную точку x на линіи AB , соединяютъ съ точкою O , продолжают Ox и на продолженіи откладываютъ $Oz = Ox$. Линія zm будетъ параллельна AB по слѣдующему: треугольники moz и xon равны, слѣдов., $\angle m < \angle n$ и $\angle z = \angle x$, эти углы по положенію внутр. накрестъ лежащія, т. е., линія mz параллельна AB .

б) *Провести параллельную линію къ данной на опредѣленномъ разстояніи.* Пусть (черт. 67) дана линія AB , къ которой требуется провести параллельную на разстояніи напр. 30-ти саж.

Для этого, въ какихъ нибудь точкахъ m и n на линіи AB возсталяютъ перпендикуляры, на нихъ отмѣряютъ по 30 саж., получаютъ точки a и b . Если точки a и b соединить, то линія ab будетъ параллельна AB .

3) Измѣреніе непріступныхъ разстояній.

а) *Измѣрить разстояние между двумя точками, если середина между ними недоступна.* Выбираютъ въ сторонѣ отъ АВ (черт. 68) произвольную точку О, изъ которой были-бы видны точки А и В; проводятъ линіи ОА и ОВ и продолжаютъ; на продолженіи откладываютъ $OD = OA$ и $OC = OB$. Точки С и D, по соединеніи, дадутъ линію $CD = AB$ (по равенству треугольниковъ АОВ и СОD).

Если отъ точки О невозможно почему либо продолжить линіи ОА и ОВ, то длина АВ опредѣляется инымъ путемъ, а именно: измѣряются линіи ОА и ОВ и откладываются на нихъ какія либо ихъ части отъ точки О; пусть $mO = \frac{1}{3} OA$ и $nO = \frac{1}{3} OB$; точки *m* и *n* соединяютъ, и полученная линія $mn = \frac{1}{3} AB$. Слѣдов., измѣривши *mn* и помноживъ длину ея на 3, получимъ длину АВ.

Это слѣдуетъ изъ подобія треугольниковъ АОВ и *mOn*, по каковому составляются пропорціи:

$$AB : mn = OA : mO = OB : nO; \text{ но}$$

$$OA : mO = OB : nO = 3 : 1.$$

$$\text{Слѣдов., } AB : mn = 3 : 1; \text{ или } AB = 3 \, mn.$$

Можно еще измѣрить данное непріступное разстояние посредствомъ чертежа такимъ образомъ: опредѣляютъ цѣпью величину угла АОВ (см. измѣреніе угловъ цѣпью), строятъ равный ему уголъ *aob* на бумагѣ, на сторонахъ его откладываютъ $oa = OA$ и $ob = OB$ въ масштабѣ; тогда линія $AB = ab$, по масштабу, (подобіе треугольниковъ АОВ и *aob*) (черт. 69).

б) *Опредѣлить длину прямой АВ (черт. 70), одинъ изъ концовъ которой В недоступенъ.*

Въ сторонѣ отъ АВ выбираютъ точку О, изъ которой были бы видны точки А и В, а на линіи АВ—какую нибудь произвольную точку D и проводятъ линіи ОА, OD и ОВ. Продолжаютъ эти линіи и откладываютъ на продолженіи ОА линію ОН, ей равную, и на продолженіи OD равную ей линію ОQ. Точки Н и Q соединяютъ и продолжаютъ линію HQ до пересѣченія въ точкѣ G съ продолженіемъ линіи ОВ. Полученная такимъ путемъ линія GH, равна АВ и измѣряется вмѣсто нея. Это слѣдуетъ изъ равенства треугольниковъ АОВ и GОН.

Доказат.: такъ какъ въ треугольникахъ ADO и OQH сторона $OD = OQ$, $OA = OH$ и $\angle x = \angle n$, то слѣдов., они равны, а поэтому $\angle OIG = \angle BAO$; если же $\angle OHG = \angle BAO$, $\angle AOB = \angle GON$ и сторона $AO = ON$, то и треугольники АОВ и GОН равны; изъ равенства этихъ треугольниковъ вытекаетъ, что $GH = AB$.

Другой способъ: отъ точки O по линіямъ OD и OA откладываютъ какія нибудь ихъ части, напр. линія $hO = \frac{1}{3}OA$ и $mO = \frac{1}{3}OD$. Точки h и m соединяють и продолжаютъ mh до пересѣченія съ OB въ точкѣ P ; полученная такимъ путемъ линія $hP = \frac{1}{3}AB$ по слѣдующему: такъ какъ треугольники AOD и MOh подобны, то слѣдов., линія hP параллельна AB , а поэтому и треугольники ABO и hPO подобны; отсюда — $AB : hP = AO : hO = 3 : 1$ и $AB : hP = 3 : 1$, или $AB = 3hP$.

Третій способъ (черт. 71). Измѣряють линію AO и откладываютъ на бумагѣ ao , равную ей въ масштабѣ; опредѣляютъ цѣпью величины угловъ BAO и AOB и строятъ ихъ при линіи ao , $\angle bao = \angle BAO$, $\angle aob = \angle AOB$; пересѣченіе ab и ob дастъ точку b , линія ab будетъ искомая AB въ масштабѣ, по подобію треугольниковъ AOB и aob .

с) *Опредѣлить длину прямой, если обѣ крайнія точки недоступны* (черт. 72).

Выбирають въ сторонѣ отъ AB произвольную точку S такъ, чтобы изъ нея были видны точки A и B недоступной прямой и провѣсиваютъ линіи AS и BS . На этихъ линіяхъ откладываютъ отъ точки S произвольныя части: $Sn = mn = St = ta$. Точки n и t соединяють; линію nt продолжаютъ и на продолженіи съ обѣихъ сторонъ откладываютъ $tb = pn = nt$. Затѣмъ, точку B соединяють съ n , точку t съ p , точку A съ t , точку a съ b ; полученные линіи tp и Bn , At и ab продолжаютъ до пересѣченія въ точкахъ R и Q . При такомъ построеніи получается линія $aQ = AS$ и $Rm = BS$. Это равенство выводится изъ слѣдующаго: треугольники pnm , ntS и tab равны (такъ какъ $pn = nt = tb$ и $mn = nS = St = ta$, по построенію, и $\angle z = x$, $\angle y = \angle v$, какъ вертикальные); изъ равенства этихъ треугольниковъ слѣдуетъ, что $\angle m = \angle S = \angle a$, а такъ какъ $\angle m = \angle S$, $\angle mnR = \angle BnS$ и сторона $mn = nS$, то и треугольники mnR и BnS равны и сторона $Rm = BS$. По равенству угловъ S и a , AtS и Qta и сторонъ St и ta треугольники Sat и Qat равны, а поэтому $aQ = AS$. Слѣдоват., имѣемъ $Rm = BS$ и $aQ = AS$; величины Rm и aQ измѣряють, вмѣсто имъ равныхъ BS и AS , и такимъ образомъ можно подвести задачу подъ первый случай (а): продолжаютъ BS и AS и на продолженіяхъ откладываютъ $SD = Rm = BS$ и $SF = aQ = AS$. Линія DF выразитъ длину AB .

Другой способъ. Въ сторонѣ отъ AB (черт. 73 и 74) провѣсиваютъ линію MN , по возможности параллельнѣе къ AB и въ неда-

лекомъ отъ нея разстояніи. Выбираютъ на линіи MN произвольныя точки C, O и D и провѣшиваютъ линіи CA и OA, OB и DB. Измѣряютъ разстоянія CO и OD и опредѣляютъ при помощи цѣпи величину угловъ: $m\angle Cn$, $t\angle Oa$, $b\angle Oe$ и $f\angle Dg$. На бумагѣ строятъ при линіи C'O', равной въ масштабѣ линіи CO, углы: $m'\angle C'n' = m\angle Cn$ и $t'\angle O'a' = t\angle Oa$; при O'D', равной въ масштабѣ линіи OD, строятъ углы: $b'\angle O'e' = b\angle Oe$ и $f'\angle D'g' = f\angle Dg$ на мѣстности. Стороны построенныхъ угловъ продолжаютъ до пересѣченія въ точкахъ A' и B': линія A'B' равна линіи AB въ масштабѣ.

Относительно измѣренія непріступныхъ разстояній посредствомъ построенія чертежа на бумагѣ можно посоветовать употреблять ихъ только въ крайности, такъ какъ таковое опредѣленіе разстояній весьма не точно и вотъ почему: измѣривъ разстоянія цѣпью, мы уже дѣлаемъ нѣкоторую ошибку, зависящую отъ несовершенства мѣрительнаго инструмента; при отложеніи измѣренныхъ разстояній на бумагѣ мы усугубляемъ ошибку измѣренія. Поэтому измѣренное непріступное разстояніе на чертежѣ будетъ заключать въ себѣ результатъ двойной погрѣшности.

4) Измѣреніе угловъ.

Первый случай. Данъ на мѣстности острый уголъ ABC (черт. 75) требуется построить равный ему на бумагѣ.

На сторонахъ AB и BC угла ABC, отъ точки B, откладываютъ какія нибудь разстоянія Bm и Bn и измѣряютъ линію mn. На бумагѣ проводятъ произвольной длины линію bc и откладываютъ на ней отъ точки b линію bt, равную въ масштабѣ Bn. Затѣмъ берутъ въ отверстіе ножекъ циркуля линію равную Bm въ масштабѣ и изъ точки b описываютъ этимъ радіусомъ дугу; радіусомъ равнымъ mn въ масштабѣ описываютъ дугу изъ точки t; пересѣченіе двухъ дугъ — точку k соединяютъ съ точкою b, полученный уголъ $abc = \angle ABC$ (такъ какъ треугольники kbt и Bmn подобны по пропорціональности сторонъ).

Второй случай. Данъ на мѣстности тупой уголъ ABC (черт. 76) требуется построить ему равный на бумагѣ.

Одну сторону угла ABC продолжаютъ и получаютъ смежный ему острый уголъ ABE, который и наносится на бумагу, по предъидущему: $\angle dbe$ (на бумагѣ) $= \angle ABE$ (на мѣстности), а поэтому и смежный $\angle dba = \angle ABC$. Если же мѣстныя препятствія не позволяютъ продолжить стороны BC (черт. 77), то уголъ ABC разбиваютъ на двѣ части линіей BD, провѣшенной изъ вершины B, причѣмъ получаютъ два острыхъ угла — ABD и DBC; каждый изъ нихъ опредѣляется отдѣльно, а оба вмѣстѣ дадутъ $\angle ABC$.

5) Измѣреніе высоты предметовъ.

а) Когда основаніе доступно. Пусть (черт. 78-й) данъ предметъ АВ, высоту котораго нужно измѣрить при помощи цѣпи и кольевъ.

Для этого, въ произвольномъ разстояніи отъ предмета ставятъ два кола различной длины въ точкахъ G и E такъ, чтобы линія FD, проходящая чрезъ вершины ихъ F и D проходила и чрезъ вершину предмета В. Принимая линіи FE, DG и АВ, какъ отвѣсныя, параллельными; проведши мысленно линію FQ чрезъ вершину меньшаго кола до АВ, параллельно АЕ, получаютъ два подобныхъ треугольника ВFQ и DFH (такъ какъ $\angle F = \angle D$, $\angle B = \angle H$). Изъ подобія треугольниковъ можно составить пропорцію— $BQ : DH = FQ : FH$; подставляя въ пропорцію вмѣсто FQ равную ей ЕА, вмѣсто DH (DG—EF) и вмѣсто FH—EG—получимъ $BQ : (DG - EF) = EA : EG$;

отсюда $BQ = \frac{(DG - EF) \cdot EA}{EG}$. Но $AB = BQ + AQ = BQ + FE$;

слѣдовательно, $AB = \frac{(DG - EF) \cdot EA}{EG} + FE$ т. е., высота предмета рав-

няется разности высотъ кольевъ (DG—EF), умноженной на разстояніе отъ дальняго кола до основанія предмета (ЕА), дѣленной на разстояніе между кольями (EG) и плюсъ высота меньшаго кола (FE). Пусть FE = 5 фут., DG = 15 фут., AE = 350 фут., EG = 140 фут., тогда

высота АВ, по формулѣ: $\frac{(DG - EF) \cdot EA}{EG} + FE$, опредѣлится

въ $\frac{(15 - 5) 350}{140} + 5 = 30$ футовъ.

б) Когда основаніе недоступно. Данъ предметъ АВ и требуется измѣрить его высоту (черт. 79). Тогда, кромѣ двухъ кольевъ (по предыдущему), ставятъ еще два кола—LK = DC и PQ = FE. Коля LK и PQ ставятся въ отвѣсномъ положеніи такъ, чтобы линія PL, проходящая черезъ вершины кольевъ PQ и LK, проходила и чрезъ вершину В предмета. Если провести мысленно линію LN параллельную BF, то составится два подобныхъ треугольника: BFP и LNP, высоты которыхъ Lv и Vq пропорціональны сторонамъ. Изъ подобія ихъ можно составить пропорцію: $Vq : Lv = PF : PN$. Но такъ какъ $Lv = LK - PQ$, $PN = Pv - Nv = QK - FH = QK - EC$, $PF = QE$; то, подставляя въ пропорцію вмѣсто Lv, PN и PF равныя имъ величины получаютъ

$Vq : (LK - PQ) = QE : (QK - EC)$; откуда имѣютъ $Vq = \frac{(LK - PQ) \cdot QE}{QK - EC}$;

но $AB = Vq + Aq = Vq + PQ$, слѣдов., $AB = \frac{(LK - PQ) \cdot QE}{QK - EC} + PQ$

т. е., высота предмета равна произведенію разности высотъ колевь (LK — PQ) на разстояніе между меньшими кольями (QE), дѣленному на разность разстояній между первой и второй парой колевь (QK — EC) и плюсъ высота меньшаго кола. Пусть напр.: LK = 10 фут., PQ = 5 фут., QE = 100 фут., QK = 60 фут. и EC = 40 фут., требуется опредѣлить высоту АВ. По формулѣ — $AB = \frac{(LK - PQ) QE}{QK - EC} + PQ$

$$= \frac{(10 - 5) \cdot 100}{60 - 40} + 5 = 30 \text{ фут.}$$

Съемка участковъ цѣпью.

Если съемщикъ не имѣетъ въ своемъ распоряженіи угломѣрныхъ инструментовъ, то съемка небольшихъ контуръ можетъ быть произведена цѣпью. Съемка эта, какъ и всякая съемка, раздѣляется на 1) съемку окружной межи и 2) съемку внутреннихъ контуръ. Съемка окружной межи производится двумя способами: *а)* треугольниками и *б)* обходомъ. Первый способъ употребляется при съемкѣ пашни, луга, выгона, вообще такихъ контуръ, мѣстность которыхъ представляетъ возможность измѣрять линіи по діагоналямъ. Второй способъ употребляется при съемкѣ лѣса, кустарника, болота, озера и т. п., т. е., такихъ контуръ, внутри которыхъ или совсѣмъ нельзя измѣрять линіи, или очень затруднительно.

а) Съемка треугольниками. Если контура имѣетъ продолговатую форму ABC...N (черт. 80), то ее разбиваютъ діагоналями BD, AD, DG, EG, AG, AP на треугольники BCD, ABD, ADG... NAP и измѣряютъ цѣпью какъ длину сторонъ контуры, такъ и длину діагоналей. Для изображенія на бумагѣ контуры подобной контурѣ на мѣстности, строятъ въ принятомъ масштабѣ рядъ треугольниковъ, подобныхъ измѣреннымъ и въ той связи, въ какой они находятся на мѣстности. Чтобы погрѣшности измѣренія не накоплялись и не распространялись въ одну сторону, начинаютъ построеніе съ срединнаго треугольника, напр., *adg* подобно ADG. Въ одну и другую сторону треугольника *adg* наносятъ треугольники: *abd* подобный ABD, *edg* подоб. EDG, *agr* подобный AGP и т. д.

Когда снимаемая контура ABCD...H (черт. 81) имѣетъ округлую форму, то удобнѣе ее разбить на треугольники такъ, чтобы они имѣли общую вершину М близъ середины контуры. Здѣсь также измѣряютъ все линіи периметра—AB, BC, CD..., а также линіи МА, МВ, МС..., соединяющія точку М съ вершинами угловъ многоугольника. Для изображенія этой контуры на бумагѣ, наносятъ сначала одну изъ линій ея, напр. МЕ, равную въ масштабѣ линіи *те* на бумагѣ. Отъ линіи *те* строятъ, по предыдущему, одну половину конту-

ры влѣво, примѣрно до точки c , соответствующей точкѣ C на мѣстности, а потомъ вправо — другую половину.

Вслѣдствіе неизбежныхъ погрѣшностей, дѣлаемыхъ при измѣреніи и нанесеніи линій на бумагу, по большей части случается, что при нанесеніи треугольниковъ въ одну и другую сторону до точки c , послѣдняя получится въ двухъ мѣстахъ c и c' т. е., контура на бумагѣ не сомкнется. Линія cc' называется невязкою фигуры и уничтожается способами, о которыхъ будетъ сказано далѣе.

Если снимаемая контура криволинейна (черт. 82), то на главныхъ изгибахъ ея границъ, или около этихъ изгибовъ, выбираютъ нѣсколько точекъ: A, B, C, D, E ; по соединеніи ихъ прямыми линіями, получится многоугольникъ $ABCDE$, съемка котораго производится по вышеизложенному. Всѣ изгибы кривой $abcd....$ опредѣляются при помощи абиссисъ и ординатъ. Для этого, при провѣшиваніи и измѣреніи линій EA, AB, BC, CD и DE , въ тоже время изъ всѣхъ точекъ изгибовъ криволинейной межи (т. е., такихъ, между которыми части периметра можно принять за прямыя линіи) опускаются на стороны многоугольника $ABCDE$ перпендикуляры (ординаты); причемъ измѣряются какъ длина этихъ перпендикуляровъ, такъ и разстоянія подошвъ отъ начальной точки стороны многоугольника (абиссисы). Такъ напр., опускаютъ перпендикуляры: aa', bb', cc', ee' и измѣряютъ ихъ, а также и разстоянія $Aa', Ab', Ac'....$; точки d и k получаются на бумагѣ по отложеніи отъ точки A разстояній Ad и Ak . На бумагѣ строится сначала многоугольникъ $ABCDE$, а потомъ, относительно сторонъ его, по даннымъ абиссисамъ и ординатамъ наносится криволинейная межа.

Перпендикуляры на мѣстности возставаются на глазъ; поэтому то вспомогательныя линіи AB, BC и пр. нужно проводить по возможности ближе къ окружной межѣ. Длина перпендикуляровъ измѣряется саженью, полевымъ циркулемъ, или шагами.

б) Съемка обходомъ. Этотъ способъ состоитъ въ измѣреніи длины сторонъ $AB, BC, CD....$ HA (черт. 83) и заключающихся между ними угловъ $HAB, ABC, BCD....$ $GH A$, по вышеизложенному; причемъ нужно брать такія линіи для построенія угловъ, чтобы, соединяясь, онѣ образовывали треугольники, по возможности подходящіе къ равностороннимъ. Надобно замѣтить, что чѣмъ длиннѣе стороны треугольника, служащаго для опредѣленія угла, тѣмъ точнѣе получится послѣдній. Разумѣется, этотъ способъ съемки можетъ быть употребляемъ только тогда, когда качество контуры позволяетъ измѣрять небольшія линіи близъ вершинъ опредѣляемыхъ угловъ, какъ напр., при съемкѣ лѣса, кустарника. Впрочемъ, если бы эти вспомогательныя линіи нельзя было измѣрить внутри контуры, какъ напр., при точкѣ g , находящейся на берегу рѣки, то уголъ FGH можно опредѣлить такъ: продолживъ стороны GH

и FG , отложить на продолженіяхъ части Gv и Gw и по этимъ дан-нымъ строить уголь равный $vGw = HGF$.

Для изображенія контуры на бумагѣ, наносятъ длину линіи $ab = AB$ въ масштабѣ; при точкахъ a и b строятъ треугольники — amn и pbq подобные треугольникамъ AMN и PBQ ; на сторонахъ, полученныхъ такимъ путемъ угловъ, откладываютъ bc и ah , равныя въ масштабѣ линіямъ $АН$ и BC на мѣстности; продолжаютъ линію BC и на продолженіи, при точкѣ b , строятъ треугольникъ tcr подобный треугольнику $ТСR$ на мѣстности и т. д.

Если снимаемая контура криволинейна, напр., $abcd..... yh$ (черт. 84), то для съемки обходомъ провѣшиваютъ около нея рядъ прямыхъ линій такъ, чтобы онѣ образовали сомкнутую фигуру $ABCDE$ и отстояли не далѣе 10-ти сажень отъ точекъ изгибовъ контуры. Эти вспомога-тельные (магистральныя, абциссныя) линіи измѣряются, опредѣляются углы составляемыя ими другъ съ другомъ; а изгибы границы контуры наносятся на бумагу измѣреніемъ абциссъ — Aa' , Ab' , Ac' , Ad' и ординатъ — bb' , cc' , dd' Всѣ данныя во время съемки записываются въ абрисѣ и по этимъ записямъ составляются планы.

Съемка внутреннихъ контуръ цѣпью.

Если имѣется уже граничный планъ дачи, то съемку внутреннихъ контуръ можно произвести цѣпью безъ всякихъ угломерныхъ инструмен-товъ такимъ образомъ: чрезъ всю дачу провѣшиваютъ и измѣряютъ абциссныя линіи, которыя начинаютъ и оканчиваютъ у линій границы, или примыкаютъ другъ къ другу; онѣ проходятъ вблизи внутреннихъ контуръ и служатъ основаніемъ для съемки подробностей.

Пусть (черт. 85) дана дача $ABCDEF$, граничный планъ которой уже имѣется, и требуется при помощи цѣпи снять и нанести на планъ внутреннія контуры.

Сначала провѣшивается вспомогательная ломанная линія $cdefg$, относительно которой ординатами опредѣляютъ берегъ рѣки; вспомога-тельная ae служитъ для опредѣленія границъ лѣса, $xusp$ — для опре-дѣленія границъ луга, пашни, выгона и усадьбы, $zhki$ и yox — для опредѣленія границъ оврага, лѣса и выгона. Работа заключается въ измѣреніи абциссныхъ разстояніи — $C.1$, $C.2$, $C.3$ и т. д. и ординатъ $1—1$, $2—2$, $3—3$ и т. д. Вспомогательныя линіи наносятся на планъ по способу діагоналей или обхода; а зная длину абциссъ и ординатъ, за-писанныхъ въ абрисѣ, можно нанести и границы внутреннихъ контуръ.

Такъ какъ перпендикуляры изъ точекъ изгибовъ внутреннихъ кон-туръ на вспомогательныя линіи опускаются на глазъ, и для скорости иногда измѣряются шагами, то необходимо, чтобы они были покороче

(наибольшая длина — 10 саж.), слѣдоват., вспомогательныя линіи проводятся наивозможно ближе къ границамъ внутреннихъ контуръ.

Цѣпная съемка можетъ производиться только на небольшихъ пространствахъ, на мѣстности ровной, не содержащей значительнаго количества мелкихъ и перемѣшанныхъ угодій и представляющей возможность проводить и измѣрять длинныя абсциссныя линіи. Число этихъ послѣднихъ должно быть по возможности меньше для того, чтобы меньше требовалось измѣрять угловъ. (Опредѣленіе величины угловъ цѣпью даетъ несравненно меньшую точность, нежели измѣреніе угломѣрными инструментами, потому что при опредѣленіи угловъ цѣпью нужно брать три линіи, при измѣреніи которыхъ и отложеніи на бумагу, неизбежна ошибка). Съемка контуръ діагоналями сопряжена съ вѣшеніемъ и измѣреніемъ большаго числа линій, что требуетъ очень много времени и даетъ мало точные результаты. Кромѣ того, успѣхъ работы вполне зависитъ отъ топографическаго вида мѣстности: она должна быть открытая, ровная, не пересѣченная оврагами.

При съемкѣ обходомъ, при каждой вершинѣ угла должно быть достаточно мѣста по сторонамъ его для необходимыхъ измѣреній. Далѣе мы увидимъ, что при съемкѣ угломѣрными инструментами, требуется измѣрять относительно гораздо меньшее количество линій, а иногда можно ограничиться измѣреніемъ только одной прямой.

Вообще можно сказать, что цѣпь употребляется съ нѣкоторыми удобствами при съемкѣ небольшихъ контуръ: напр., пашни, луга выгона, на мѣстности доставляющей возможность легко вѣшить и измѣрять линіи въ различныхъ направленіяхъ. Съемка же одною цѣпью мѣстности гористой, лѣсной, пересѣченной оврагами, съ многими внутренними контурами, представляетъ много затрудненій, требуетъ очень много времени и даетъ меньшую точность, нежели съемка, производимая съ помощью какого либо угломѣрнаго снаряда.

Э к к е р а.

Эккеромъ называется инструментъ, служащій для проведенія линій перпендикулярныхъ къ даннымъ. По устройству своему эккера дѣлятся на простые и отражательные (основанные на свойствѣ плоскихъ зеркалъ, отражать лучи свѣта).

Изъ простыхъ эккеровъ наиболѣе употребительные: крестообразный, цилиндрическій, восьмигранный и коническій; изъ отражательныхъ — однозеркальный и двузеркальный.

1) *Крестообразный* эккеръ состоитъ изъ двухъ деревянныхъ или металлическихъ брусьевъ *ab* и *cd* (черт. 86), крестообразно скрѣпленныхъ и имѣющихъ на своихъ верхнихъ плоскостяхъ, по концамъ брусьевъ,

шпеньки a' , b' , c' , d' . Шпеньки эти расположены такъ, чтобы линія визировація $a'b'$ была перпендикулярна $c'd'$. Въмѣсто шпеньковъ прикрѣпляются иногда діоптры q и s (черт. 87) при помощи винтовъ x и x' .

Вертикальная плоскость, проходящая чрезъ линію визировація называется коллимаціонною плоскостью.

Снизу эккера прикрѣпляется трубка q , которою онъ надѣвается на экерный коль Q съ желѣзнымъ башмакомъ m . Отъ вѣрнаго эккера требуется: 1) *чтобы шпеньки, или діоптры были перпендикулярны къ верхней плоскости брусковъ эккера* и 2) *чтобы линіи визировація— $a'b'$ и $c'd'$ были перпендикулярны другъ другу*.

Первое условіе повѣряютъ посредствомъ вѣрнаго прямоугольнаго треугольника, прикладывая его однимъ катетомъ къ плоскости эккера, а другимъ къ шпеньку или діоптру.

Второе условіе повѣряютъ слѣдующимъ образомъ: на какойнибудь линіи на мѣстности, напр., АВ (черт. 88), ставятъ эккеръ такъ, чтобы одна его линія визировація ab была направлена по АВ, а по направленію другой— cd ставятъ вѣху С—въ разстояніи 25—30 саж. отъ АВ. Затѣмъ поворачиваютъ эккеръ такъ, чтобы діоптръ c занялъ мѣсто a ; если, при новомъ положеніи эккера, линія визировація ab укажетъ на вѣху С, то эккеръ вѣренъ, или линія СО будетъ перпендикулярна АВ; слѣдов., и cd перпендикулярна ab .

Если эккеръ невѣренъ, то, по предъидущему, ставятъ его на линіи АВ (черт. 89); линію визировація ab направляютъ по АВ, а по направленію cd ставятъ вѣху С. Затѣмъ совмѣщаютъ съ АВ линію визировація cd а по направленію $a'b'$ ставятъ вѣху D (на такомъ же разстояніи отъ точки О, какъ и вѣха С). Перпендикуляромъ къ АВ будетъ служить линія qO , соединяющая средину CD съ точкою стоянія эккера, на слѣдующемъ основаніи: треугольники CqO и qDO равны по равенству сторонъ, слѣдов., $\angle x = \angle x'$, а $\angle m = \angle m'$ (какъ одинъ и тотъ же уголъ наклоненія одной линіи визировація къ другой), по этому можно написать равенство: $\angle x + \angle m = \angle x' + \angle m'$, или $\angle qOA = \angle qOB$, такъ какъ смежные равные углы должны быть прямыми, то слѣдов., линія qO перпендикулярна АВ.

Для исправленія положенія шпеньковъ или діоптровъ, перемѣщаютъ ихъ такъ, чтобы одна линія визировація проходила чрезъ точку q (черт. 89) въ то время, когда другая направлена по АВ.

Изъ сказаннаго видно, что и невѣрнымъ эккеромъ можно возставлять перпендикуляры, какъ въ черт. 89, соединяя срединную точку q съ точкой стоянія эккера.

Съ помощью крестообразнаго эккера можно строить на мѣстности углы не только въ 90° , но и въ 45° , если разстоянія шпеньковъ или

діоптровъ отъ точки пересѣченія коллимаціонныхъ плоскостей одинаково: напр., (черт. 90) при линіи АВ при какойнибудь ея точкѣ требуется построить уголъ $= 45^\circ$. Ставятъ эккеръ точкою *a* отвѣсно надъ данною точкою на мѣстности и, направивши линію визированія *ab* по АВ, визируютъ чрезъ діоптры *a* и *c*; по этому направленію провѣшиваютъ линію *aK*; полученный уголъ *KaB* $= 45^\circ$; такъ какъ *ab* $=$ *cd*, то и *ao* $=$ *oc*, слѣдов. прямоугольный треугольникъ *aco* равнобедренный, а поэтому $\angle KaB = 90^\circ/2 = 45^\circ$.

Крестообразнымъ эккеромъ можно и опускать перпендикуляры, такимъ образомъ: пусть (черт. 88) изъ точки *C* на линію АВ требуется опустить перпендикуляръ.

Для этого идутъ съ эккеромъ по линіи АВ и находятъ на ней какуюнибудь точку *O*, въ которой, при совпаденіи линіи визированія *ab* съ АВ, другая линія визированія *cd* указывала-бы на вѣху *C*. Найденная точка *O* будетъ подошвою перпендикуляра, опущеннаго изъ точки *C* на линію АВ.

Невѣрнымъ эккеромъ также можно опускать перпендикуляры (черт. 91). Пусть дана линія АВ и точка *C*, изъ которой требуется опустить перпендикуляръ. Для этого находятъ сначала какуюнибудь точку *x* на линіи АВ, въ которой, при совмѣщеніи линіи визированія *dc* съ АВ, линія визированія *ab* указывала бы на точку *C*; затѣмъ переставляютъ эккеръ въ такую точку *z*, гдѣ при совмѣщеніи *ab* съ АВ, линія *cd* была бы на одной прямой съ точкой *C*. Тогда разстояніи между точками *x* и *z* дѣлятъ пополамъ и точку *O* дѣленія соединяютъ съ *C*; линія *CO* перпендикулярна АВ по слѣдующему: треугольникъ *Czx* равнобедренный, такъ какъ $\angle dza = \angle bxc$, (какъ одинъ и тотъ же уголъ наклоненія линій визированія другъ къ другу), а линія *CO*, какъ дѣлящая основаніе равнобедреннаго треугольника пополамъ, будетъ перпендикулярна къ АВ.

Работа невѣрнымъ эккеромъ производится только въ крайнемъ случаѣ, такъ какъ отнимаетъ много времени.

2) *Цилиндрическій эккеръ* (черт. 92) состоитъ изъ прямого мѣднаго цилиндра, высотой отъ 2-хъ до 6-ти дюймовъ и въ діаметрѣ отъ 1-го до 3-хъ дюйм. Сверху онъ окрашивается масляной краской, или покрывается лакомъ во избѣжаніе окисленія мѣди. На боковой поверхности эккера, по направленію двухъ взаимно перпендикулярныхъ плоскостей, проходящихъ чрезъ ось цилиндра, устраиваются четыре прорѣза такимъ образомъ, чтобы каждый изъ нихъ имѣлъ прорѣзъ діаметрально себѣ противоположный. Эти прорѣзы служатъ діоптрами: глазной — узкая щель, или вертикальный рядъ мелкихъ отверстій; предметный

—широкій прорѣзъ съ вертикально натянутымъ волоскомъ. Для удобства визированія эскеръ устраивается такъ, чтобы при глазномъ находился и предметный діоптръ (*ab*, *cd*). Внизу эскера прикрѣпляется трубка Е, которою онъ надѣвается на коль.

Повѣрка и употребленіе цилиндрическаго эскера такія же какъ и крестообразнаго.

3) *Восьмигранный эскеръ* (черт. 93) есть правильная восьмигранная призма, изготовляемая изъ мѣди, высотой 4—6 дюймовъ, шириною 2—3 дюйма.

На каждыхъ двухъ, параллельныхъ между собою граняхъ, сдѣланы діаметрально противоположныя прорѣзы: *a, e*; *b, f*; *c, g*; *d, h* (черт. 94) такимъ образомъ, чтобы плоскости, проходящія вертикально чрезъ середины этихъ прорѣзовъ, пересѣкаясь между собою въ срединѣ призмы О (поперечный разрѣзъ) образовывали двугранные углы въ 45° — $\angle aob$, $\angle boc$, $\angle cod$, и т. д. Для удобства визированія въ каждой грани помѣщается и глазной и предметный діоптры, или четыре грани черезъ одну имѣютъ по два діоптра, а остальные четыре — по одному. Употребленіе и повѣрка восьмиграннаго эскера одинаковы съ крестообразнымъ. При помощи восьмиграннаго эскера можно строить углы въ 45° и 135° (на чертежѣ 94-мъ, $\angle AOB = 45^\circ$ и $\angle QOB = 135^\circ$).

Если въ цилиндрическомъ эскерѣ діоптры прорѣзаны въ такомъ числѣ и порядкѣ, какъ восьмигранномъ, то и имъ можно опредѣлять углы въ 45° и 135° (черт. 95); напр. $\angle con = 45^\circ$, а $\angle pon = 135^\circ$.

Коническій эскеръ (черт. 96) также какъ и цилиндрическій дѣлается изъ латуни; онъ имѣетъ видъ усѣченнаго конуса плоскость Q параллельно Н (основанію). Четыре прорѣза, дѣлаемые на боковой поверхности эскера, помѣщаются на пересѣченіи этой поверхности съ двумя взаимно перпендикулярными плоскостями, проходящими чрезъ ось конуса. Устройство прорѣзовъ, повѣрка и употребленіе эскера одинаковы съ предыдущими. Такъ какъ коническій эскеръ даетъ возможность визировать на точки, лежащія выше и ниже точки стоянія эскера, то онъ съ большею пользою можетъ быть употребленъ въ мѣстахъ гористыхъ.

Внутренняя поверхность эскеровъ, цилиндрическаго, восьмиграннаго и коническаго окрашивается въ черный цвѣтъ для того, чтобы внутри инструмента не существовало отраженія лучей, мѣшающаго ясности визированія на предметы.

Отражательные эскера.

Однозеркальный эскеръ. Теорія его заключается въ слѣдующемъ: (черт. 97) прямая *ab* пересѣкаетъ плоское зеркало *qs* такъ, что $\angle = 45^\circ$. Если въ *a* вообразить какую нибудь свѣтящуюся точку, то лучъ

свѣта ab , идущій отъ нея, встрѣтитъ поверхность зеркала подѣ угломъ $m = 45^\circ$; а такъ какъ уголъ паденія равенъ углу отраженія, то и уголъ n также равенъ 45° ; слѣдов., $\angle D = 180^\circ - (\angle m + \angle n) = 90^\circ$, т. е., линія Ab перпендикулярна ab .

На основаніи этой теоріи, вѣнскій профессоръ Винклеръ устроилъ однозеркальный эккеръ, состоящій изъ трубки Н (черт. 97 и 98) 3—5 дюйм. длиною, $\frac{1}{2}$ дюйм.—1 дюйм. въ діаметрѣ, имѣющей въ одномъ концѣ небольшое круглое отверстіе для глаза, а съ другого конца сообщающейся съ кубической коробкой Q (въ 2—3 дюйма ребро). Въ коробкѣ Q помѣщается зеркало qs перпендикулярно дну коробки и подѣ угломъ въ 45° къ оси эккера ab ; высота зеркала равна половинѣ высоты коробки. Въ коробкѣ Q дѣлается два вырѣза: tp съ волоскомъ x (на продолженіи оси) и ho .

Чтобы однозеркальнымъ эккеромъ возстановить перпендикуляръ къ линіи AD въ точкѣ D (черт. 97) становятся съ эккеромъ въ точкѣ D; боковое отверстіе ho направляютъ на вѣху A такъ, чтобы отраженіе вѣхи A и слѣдующей за ней получились въ зеркалѣ въ совмѣщенномъ видѣ въ плоскости волоска x ; тогда по направленію ab ставятъ вѣху C; линія DC, на основаніи вышеизложеннаго будетъ перпендикуляръ къ AD.

Для того, чтобы опустить перпендикуляръ изъ точки C на линію AD (черт. 97), идутъ съ эккеромъ по линіи AD, имѣя боковое отверстіе ho , направленнымъ на A, пока не найдутъ по AD такой точки D, въ которой отраженіе вѣхи A слитое съ слѣдующей представляло бы одну прямую съ вѣхой, поставленной въ C. Тогда точка D будетъ основаніемъ перпендикуляра, опущеннаго изъ точки C.

Отъ вѣрнаго эккера требуется правильная установка зеркала, т. е., чтобы плоскость зеркала съ осью трубки пересѣкалась подѣ угломъ въ 45° . Повѣрка производится слѣдующимъ образомъ: на провѣшенной линіи AB (черт. 99) становятся съ эккеромъ въ какой нибудь точкѣ Q, направивши ось эккера ab и волосокъ прорѣза на B, ставятъ вѣху въ какой нибудь точкѣ M такъ, чтобы отраженіе вѣхи M составляло съ волоскомъ прямую линію. Затѣмъ поворачиваютъ эккеръ, чтобы зеркало ps приняло положеніе $p's'$ и визируютъ чрезъ $a'b$ на A; совмѣстивъ вѣху A съ волоскомъ прорѣза, ставятъ вѣху въ какой либо точкѣ N такъ, чтобы отраженіе ея въ зеркалѣ совпадало съ волоскомъ, совмѣщеннымъ съ вѣхою A. Разстояніе точекъ M и N отъ точки Q должны быть одинаковы. Если линіи MQ и NQ совпадутъ, то эккеръ вѣренъ: такъ какъ тогда $\angle obA$ и $\angle obB$ равны и смежны, слѣд., они прямые, и $\angle p'bo$, $\angle bbs'$, $\angle Sbo$ и $\angle rba$ по 45° . Если же линіи MQ и NQ не совпадутъ, то разстояніе

MN дѣлятъ пополамъ въ точкѣ О и посредствомъ винтовъ перемѣняютъ положеніе зеркала относительно оси эккера настолько, чтобы отраженіе вѣхи въ точкѣ О въ зеркалѣ составляло какъ бы продолженіе волоска, направленнаго на В или А. Въ этомъ случаѣ, линія *bo* будетъ перпендикулярна къ АВ, а слѣдоват., углы $p'bo$ и Bbs' будутъ по 45° .

Доказат. Треугольникъ MNQ—равнобедренный; линія *bo* дѣлитъ въ немъ основаніе пополамъ, слѣд., и уголь при вершинѣ тоже дѣлится пополамъ, или $\angle q = \angle i$; $\angle BbM = \angle AbN$, какъ равные 180° безъ суммы угловъ паденія и отраженія. Если отъ этихъ угловъ отнимемъ по равному углу qui , то получимъ $\angle BbM - \angle q = \angle AbN - \angle i$, т. е., $\angle obA = \angle obB$; углы же *obA* и *obB*—смежные, слѣдоват., они прямые; значитъ $\angle obp' + Bbs' = 180^\circ - \angle obB = 180^\circ - 90^\circ = 90^\circ$, а такъ какъ углы *obp'* и *Bbs'* равны, какъ углы паденія и отраженія т. е., $obp' = \frac{90^\circ}{2} = 45^\circ$.

Если въ инструментѣ нѣтъ исправительныхъ винтовъ для измѣненія положенія зеркала, то можно работать и невѣрнымъ эккеромъ, какъ это было пояснено въ описаніи крестообразнаго эккера.

Двузеркальный эккеръ. Теорія его заключается въ слѣдующемъ: пусть *ab* и *cd* два плоскихъ зеркала (черт. 100), поставленныя перпендикулярно къ нѣкоторой плоскости, при продолженіи, образующія двугранный уголь О. Исходящій изъ точки S, лучъ Sn падаетъ на зеркало *cd*; отразившись отъ него по направленію nM, онъ встрѣчаетъ зеркало *ab*; отраженіе его отъ зеркала *ab* по направленію MA пересѣчетъ лучъ Sn въ какой нибудь точкѣ Q, образуя $\angle SQM$ равный двойному углу О.

Что $\angle SQM = 2 \cdot \angle O$ доказывается такимъ образомъ: возсталяютъ въ точкахъ М и n къ плоскости зеркалъ *ab* и *cd* перпендикуляры *pm* и *Mn*; будучи продолжены, они пересѣкаются другъ съ другомъ подъ угломъ *m* = $\angle O$ (какъ углы съ перпендикулярными сторонами). Такъ какъ $\angle Snc = \angle Mnd$ и $\angle amn = \angle bmq$ (какъ углы паденія и отраженія), то и $\angle x = \angle x'$ и $\angle z = \angle z'$ (какъ дополненіе угловъ паденія и отраженія до 90°).

Въ треугольникѣ *Mmn* $\angle x'$ —внѣшній, слѣдов., равенъ $\angle z + \angle m$. Въ треугольникѣ *MQn* уголь SnM, какъ внѣшній, равенъ $\angle z + \angle z' + \angle Q$; но $\angle SnM = \angle x + \angle x' = 2 \angle x'$; замѣнимъ $\angle SnM$ величиной $2 \angle x$, получаютъ $2 \angle x' = \angle z + \angle z' + \angle Q$; но $\angle x' = \angle z + \angle m$; слѣдов., замѣнивъ $\angle x'$ въ первой части равенства, получаютъ $2 (\angle z + \angle m) = \angle z + \angle z' + \angle Q$, или $2 \angle z + 2 \angle m = \angle z + \angle z' + \angle Q$, или $2 \angle m = \angle Q$, но $\angle m = \angle O$.

Слѣдоват., $\angle Q = 2 \angle O$, что и требовалось доказать.

Если $\angle O = 45^\circ$, то $\angle SQA = 2 \angle O = 90^\circ$.

Пользуясь этимъ свойствомъ плоскихъ зеркалъ, лондонскій оптикъ Адамсъ устроилъ отражательный двузеркальный эккеръ слѣдующимъ образомъ: (черт. 101) внутри пустой трехгранной призмы $ABCD$, открытой со стороны $ACED$, помѣщены перпендикулярно плоскости дна два зеркала— ab и cd , образующія при продолженіи нѣкоторый двугранный уголъ, величину котораго можно измѣнять, дѣйствуя винтами q и t . Надъ зеркалами находятся продолговатые вырѣзы— S и R . Къ дну призмы придѣляется рукоятка H . Чтобы возставить перпендикуляръ въ данной точкѣ линіи двузеркальнымъ эккеромъ, становятся съ нимъ въ данной точкѣ линіи NM (черт. 102) и обращаютъ эккеръ зеркаломъ ab къ вѣхамъ линіи NH ; слитое изображеніе вѣхъ этой линіи получится въ зеркалѣ ab въ M и отразится въ зеркалѣ cd въ мѣстѣ R . Линія визирования AP проходитъ мимо ребра эккера ax черезъ отраженіе R и будетъ перпендикулярна къ NM . Для полученія линіи AP , перпендикулярной къ NM , ставятъ на мѣстности вѣху въ P такъ, чтобы она казалась продолженіемъ отраженія R (въ зеркалѣ cd); соединивши точку стоянія эккера съ точкою P , получаютъ AP перпендикулярную къ NM .

Отъ вѣрнаго эккера требуется, чтобы зеркала, при продолженіи ихъ, составляли уголъ въ 45° .

Для повѣрки (черт. 103) становятся съ эккеромъ въ какой-нибудь точкѣ R линіи TM и возставляютъ перпендикуляры, визируя по вѣхамъ F , M и T , S ; если оба перпендикуляра совмѣщаются, то эккеръ вѣренъ. Въ противномъ случаѣ по первому и второму визированію ставятъ вѣхи A и B , на равномъ разстояніи отъ точки R ; дѣлятъ AB пополамъ въ точкѣ Q , линія RQ будетъ перпендикуляръ къ TM . Для исправленія же эккера, необходимо измѣнить величину угла между зеркалами винтами t и q настолько, чтобы вѣха, поставленная въ точкѣ Q , казалась какъ бы продолженіемъ вѣхъ F и M , T и S , отраженныхъ въ зеркалѣ.

Чтобы опустить перпендикуляръ изъ данной точки на линію, поступаютъ такъ: (черт. 102). Пусть дана линія NH и точка P , изъ которой требуется опустить перпендикуляръ на линію NH . Идутъ съ эккеромъ по NM до какой нибудь точки M , въ которой изображеніе вѣхъ N , H казалось бы сливающимся съ вѣхой, поставленной въ P и видимой черезъ прорѣзь S .

Соединивши точку стоянія эккера съ точкой P , получаютъ перпендикуляръ къ NM , опущенный изъ точки P .

Рѣшеніе различныхъ задачъ на мѣстности при помощи эккера, цѣпи и кольевъ.

Кромѣ построенія перпендикулярныхъ линій, при помощи эккера рѣшаются слѣдующія задачи:

1) Проведеніе параллельныхъ линій; 2) измѣреніе непреступныхъ разстояній; 3) проведеніе перпендикуляровъ, если на пути ихъ находятся препятствія и въ недоступную точку; 4) измѣреніе угловъ и 5) съемка небольшихъ участковъ.

1. Проведеніе параллельныхъ линій.

а) Дана (черт. 104) линія АВ и требуется провести къ ней параллельную черезъ точку О.

Идутъ съ эккеромъ по АВ и находятъ подошву перпендикуляра, опущеннаго изъ точки О, въ какой нибудь точкѣ М; линію ОМ провѣшиваютъ и въ точкѣ О къ этой линіи возсталяютъ перпендикуляръ ОН, который и будетъ параллеленъ АВ.

б) Дана (черт. 104) линія АВ и требуется на опредѣленномъ разстояніи отъ нея, напр. 30 саж., провѣшить линію ей параллельную.

Въ произвольной точкѣ М линіи АВ возсталяютъ къ ней перпендикуляръ МО, даютъ ему длину = 30 сажень и въ крайней точкѣ О возсталяютъ къ нему перпендикуляръ ОН, который и будетъ параллеленъ АВ.

2. Опредѣленіе непреступныхъ разстояній.

а) Дана линія АВ, требуется опредѣлить ея длину, если между точками А и В находится препятствіе Q, мѣшающее непосредственному измѣренію.

Изъ точки А видна В (черт. 105). Возсталяютъ въ точкахъ А и В перпендикуляры АС и ВD къ линіи АВ, на нихъ откладываютъ равныя части $AC = BD$; соединивши точки С и D получаютъ CD параллельную АВ (какъ отрѣзки, лежащія между равными параллельными линіями).

б) Требуется измѣрить разстояніе между точками А и В, если между ними находится препятствіе Q, и изъ одной точки не видно другой. (черт. 106).

Отъ одной изъ точекъ, напр. В, провѣшиваютъ подъ произвольнымъ угломъ линію ВН; идутъ по ней съ эккеромъ и находятъ подошву перпендикуляра С, опущеннаго изъ точки А на линію ВН. Въ прямоугольномъ треугольникѣ АВС линія АВ—гипотенуза, а такъ какъ

$AB^2 = AC^2 + BC^2$, то $AB = \sqrt{AC^2 + BC^2}$. Слѣдовательно, взявши сумму квадратовъ AC и BC , извлекають квадратный корень; результатъ равенъ AB .

с) Требуется опредѣлить длину AB , въ срединѣ недоступной; точка B также недоступна, но изъ A можно видѣть B (черт. 107).

Въ точкѣ A возставляютъ перпендикуляръ къ линіи AB и произвольную точку его O соединяють съ B ; откладываютъ отъ точки O на перпендикулярѣ AO какую нибудь его часть, напр., $\frac{1}{2}$; въ точкѣ отложенія m возставляютъ перпендикуляръ mn до пересѣченія съ BO ;

$mn = \frac{AB}{2}$. Это вытекаетъ изъ слѣдующаго: треугольники ABO и mno — подобны, такъ какъ $\angle A = \angle m$, $\angle B = \angle n$ и $\angle O$ — общій; изъ подобія можно составить пропорцію: $AB : mn = AO : mo$, но $AO : mo = 2 : 1$, слѣдоват., и $AB : mn = 2 : 1$; или $AB = 2 mn$.

д) Требуется опредѣлить длину неприсутственной прямой AB , если точка B недоступна и изъ одной точки не видно другой. (черт. 108).

Въ сторонѣ провѣшиваютъ произвольную линію MN , приблизительно параллельно AB , чтобы изъ нея были видны точки A и B ; идутъ по MN съ экеромъ и опускають на нее изъ точекъ A и B перпендикуляры BD и AC .

Линію CD въ точкѣ x дѣлятъ пополамъ и изъ точки x возставляютъ къ ней перпендикуляръ xq — до пересѣченія съ провѣшенной діагональю BC . Получается два треугольника CBD и sqx подобные по равенству угловъ; изъ подобія ихъ можно составить пропорцію: $CB : sq = CD : sx$, но $CD : sx = 2 : 1$, слѣдовательно и $CB : sq = 2 : 1$. Затѣмъ дѣлятъ AC также пополамъ и точку дѣленія p соединяють съ q . Получается два подобныхъ трехъугольника: ABC и pqc (они подобны потому, что $AC : pc = 2 : 1$; $BC : cq = 2 : 1$ и $\angle c$ общій) изъ подобія ихъ можно составить пропорцію $AB : pq = BC : cq = 2 : 1$, слѣдовательно, $AB = 2 pq$.

е) Требуется опредѣлить длину AB , всѣ точки которой недоступны и ее можно продолжить. (черт. 109).

Продолжаютъ AB до какой нибудь точки D , въ которой и возставляютъ перпендикуляръ къ AD . Произвольную точку C перпендикуляра DC соединяють съ точками A и B ; дѣлятъ DC пополамъ и въ точкѣ дѣленія O возставляютъ перпендикуляръ Om , часть его, линія

mn равна $\frac{AB}{2}$.

Доказат.: треугольники BDC и nOC подобны (линія $On \parallel BD$, слѣдоват., всѣ углы одного треугольника равны угламъ другого. Изъ подобія ихъ можно составить пропорцію: $CD:CO = BC:Cn = 2:1$; отсюда, такъ какъ треугольники ABC и mnC подобны, то $AB:mn = BC:Cn$, но $BC:Cn = 2:1$; слѣдов., и $AB:mn = 2:1$, т. е., $AB = 2mn$, или $mn = \frac{AB}{2}$, что и требовалось доказать.

f) Требуется измѣрить длину прямой AB, всѣ точки которой недоступны и продолжить ее нельзя (черт. 110-й). Проводятъ въ сторонѣ произвольную прямую MN, приблизительно параллельно AB, такъ, чтобы съ нея были видны точки A и B. Идутъ по MN съ эккеромъ и опускаютъ изъ точекъ A и B на нее перпендикуляры AC и BD. Разстояніе CD дѣлятъ пополамъ и точку дѣленія O соединяютъ съ A и B; въ точкахъ a и b линия CD дѣлится на четыре равныя части; изъ этихъ точекъ дѣленія возставляютъ перпендикуляры къ линіи CD до пересѣченія съ AO и OB въ точкахъ m и n ;

линія $mn = \frac{AB}{2}$. Это слѣдуетъ по тому, что треугольники BDO и nbo подобны (по равенству угловъ), слѣдоват., можно составить пропорцію: $BO:nO = DO:bo = 2:1$; треугольники AOC и moa подобны (по равенству угловъ), слѣдовательно, можно составить пропорцію $AO:mO = CO:aO = 2:1$. Такъ какъ $BO:nO = AO:mO = 2:1$, то слѣдоват., $AB:mn = 2:1$, или $AB = 2 mn$.

Величину AB можно также получить слѣдующимъ путемъ: продолжаютъ линіи AC, AO, BO и BD до ихъ пересѣченія въ точкахъ Q и S; линія QS = AB, такъ какъ треугольникъ BOD = COQ и $\triangle AOC = \triangle DOS$, то линія BO = OQ и AO = OS, причемъ и $\angle x = \angle z$, слѣдоват., $\triangle ABO = \triangle QOS$, а поэтому AB = QS.

3. Проведеніе перпендикуляровъ изъ непріступныхъ точекъ.

a) Требуется къ линіи AB въ точки B возставить перпендикуляръ, если точки B недоступны. (черт. 111).

Въ точкѣ A къ линіи AB возставляютъ перпендикуляръ AC; произвольную точку C перпендикуляра соединяютъ съ B; на линію CB изъ точки A опускаютъ перпендикуляръ AO; продолженіе его пересѣчетъ перпендикуляръ BK въ какой то точкѣ K, которую и требуется отыскать для рѣшенія вопроса.

Треугольники AOC и KOB подобны (по равенству угловъ), слѣдов., $KO:OB = AO:CO$, или $KO = \frac{AO \cdot OB}{CO}$. Треугольникъ САВ прямоугольный и въ немъ изъ вершины прямого угла на гипотенузу опущенъ

перпендикуляръ АО, онъ есть средняя пропорціональная линія между отрезками гипотенузы, слѣдов., $ОВ : АО = АО : СО$, или $ОВ = \frac{АО^2}{СО}$.

Въ равенствѣ $КО = \frac{АО \cdot ОВ}{СО}$ подставляютъ вмѣсто ОВ (которую нельзя измѣрить) равную ей величину $\frac{АО^2}{СО}$, получаютъ: $КО = \frac{АО}{СО} \cdot \frac{АО^2}{СО} = \frac{АО^3}{СО^2}$. Слѣдоват., КО равна частному куба АО и квадрата СО. Линіи

АО и СО можно измѣрить, значить можно найти и точку К. Соединивъ точки К и В получаютъ перпендикуляръ КВ.

б) Требуется на линію АВ опустить перпендикуляръ изъ точки D, если между нею и линіей находится препятствіе Q (черт. 112).

Въ точкѣ А возставляютъ перпендикуляръ къ линіи АВ; точку А соединяютъ съ D и дѣлятъ АД въ точкѣ О пополамъ. Точку О соединяютъ съ произвольной точкой С перпендикуляра АС; линію СО продолжаютъ и на продолженіи отъ точки О откладываютъ $ОГ = СО$. Если изъ точки G опустить перпендикуляръ на АВ, то онъ будетъ продолженіемъ перпендикуляра ДН; такимъ образомъ находятъ подошву Н перпендикуляра, опущеннаго изъ точки D. Что точка G находится на перпендикулярѣ ДН слѣдуетъ изъ того, что $\triangle COA = \triangle DOG$ ($CO = OG$, $DO = AO$ и $\angle x = \angle m$). Слѣдоват., $\angle s = \angle n$ и $\angle h < \angle g$, а потому линіи DG и АС параллельны, а такъ какъ АС перпендикулярна АВ, то и DG перпендикулярна АВ, т. е., точка G лежитъ на перпендикулярѣ ДН.

4. Определеніе величины угловъ.

а) Если данъ уголъ менѣйшій 45° , то для опредѣленія его и нанесенія на бумагу (черт. 113) поступаютъ такъ: отъ вершины В откладываютъ по одной изъ сторонъ, напр., ВС, произвольное разстояніе Вm; въ точкѣ m возставляютъ перпендикуляръ и измѣряютъ его величину отъ подошвы m до пересѣченія его съ стороною угла въ точкѣ h. Для построенія на бумагѣ угла равнаго $\angle ABC$, строятъ по даннымъ катетамъ: Вm и mh (въ масштабѣ) прямоугельный треугольникъ, подобный треугольнику Bhm на мѣстности.

б) Если данный уголъ больше 45° и до 135° , то (черт. 114) въ вершинѣ В возставляютъ перпендикуляръ ВQ къ одной изъ сторонъ угла ВС; затѣмъ, по предъидущему, перпендикуляромъ hm опредѣляютъ положеніе другой стороны. На бумагѣ строятъ прямой уголъ и придаютъ или отнимаютъ дополнительный уголъ даннаго, построениемъ треугольника на одной изъ сторонъ прямого угла.

с) Если данный уголъ больше 135° , то опредѣляютъ величину его дополнительнаго угла ABQ до 180° (черт. 115), по предъидущему. На бумагѣ также строить это дополненіе, смежный которому уголъ будетъ равенъ углу ABC .

5. Эккерная съемка.

Не имѣя другихъ инструментовъ, кромѣ эккера и цѣпи, можно производить съемку небольшихъ участковъ.

Эккерная съемка раздѣляется на съемку окружной межи и съемку внутреннихъ контуръ.

Съемка окружной межи.

1. *Координатами:* а) при помощи одной магистральной линіи. Данъ участокъ $ABCDEFGG$ (черт. 116) требуется составить планъ его окружной межи. Для этого проводятъ вспомогательную (магистральную) линію AP , стараясь, чтобы она раздѣлила данный участокъ приблизительно пополамъ и прошла черезъ два угла фигуры (если послѣднее условіе соблюдено быть не можетъ, то, чтобы прошла чрезъ одинъ уголъ данной фигуры). Въ точкахъ $A, B, C, D, \dots$ ставятъ вѣхи и начинаютъ измѣрять отъ точки A магистральную AP . При измѣреніи, съ помощью эккера находятъ подошвы перпендикуляровъ, опущенныхъ изъ всѣхъ точекъ данной контуры на AP . Измѣряютъ разстоянія подошвъ перпендикуляровъ отъ начальной точки $A.6, A.5, A.4, \dots$ или „абциссы“ и величину самыхъ перпендикуляровъ „ординаты“. По этимъ даннымъ строятъ на бумагѣ фигуру $abcdefg$ подобную (по масштабу) фигурѣ $ABCDEFGG$ на мѣстности.

б) При помощи двухъ магистральныхъ — способъ болѣе примѣнимый и удобный, чѣмъ предъидущій, при съемкѣ большихъ участковъ и при томъ имѣющихъ округлый видъ (черт. 117). Провѣшиваютъ двѣ магистральныя линіи OS и MN , чтобы каждая изъ нихъ приблизительно разбивала данную контуру пополамъ, взаимно перпендикулярно. Если послѣднее условіе не выполнимо по причинѣ различныхъ препятствій, то можно провѣшивать магистральныя линіи и подъ произвольнымъ угломъ, который необходимо при съемкѣ опредѣлить.

Работа съемки начинается отъ точки x ; съ измѣреніемъ послѣдовательно направляются къ точкамъ M, O, N и S . Измѣряя магистральныя, въ тоже время находятъ подошвы перпендикуляровъ, опущенныхъ на нихъ изъ всѣхъ точекъ окружной межи. Измѣряются только абциссы, такъ какъ точки на планѣ выразятся пересѣченіемъ перпендикуляровъ, возставленныхъ на магистральныхъ линіяхъ на опредѣленномъ абциссномъ разстояніи отъ данной точки x . Слѣдоват., имѣя абциссы, легко построить на бумагѣ фигуру, подобную данному участку.

Этотъ способъ точнѣе предъидущаго и можетъ быть примѣнимъ въ тѣхъ случаяхъ когда на мѣстности нельзя или затруднительно производить измѣренія перпендикуляровъ (когда мѣстность пересѣчена оврагами, водами).

с) Если точки снимаемой контуры будутъ находиться далеко отъ проведенной магистральной линіи, то провѣшивають еще другую магистральную изъ одной съ ней точки такъ, чтобы обѣ магистральныя (оси абциссъ) находились по возможности ближе къ опредѣляемымъ точкамъ и проходили-бы черезъ точки контуры (черт. 118). Опустивъ перпендикуляры на линіи АЕ, ЕМ, АМ изъ всѣхъ точекъ окружной межи и измѣривъ ординаты и абциссы, можно по этимъ даннымъ построить фигуру, подобную фигурѣ на мѣстности.

Предварительно, для этого, строится треугольникъ, подобный $\triangle АЕМ$ обыкновеннымъ геометрическимъ путемъ, зная длину АЕ, ЕМ и АМ. Для провѣрки работы можно еще эскеромъ измѣрить углы А, Е и М.

д) Если контура ограничена кривыми линіями, то способъ съемки аналогиченъ цѣнной съемкѣ (см. выше), только углы измѣряются и перпендикуляры проводятся при помощи эскера.

Всѣ эти способы примѣнимы только на мѣстности открытой, гдѣ ничто не мѣшаетъ провѣшиванію и измѣренію магистралей и ординатъ; въ противномъ случаѣ употребляется способъ обхода.

II. Съемка окружной межи способомъ обхода.

При съемкѣ эскеромъ такихъ контуръ, какъ лѣсъ, кустарникъ, озеро, болото, примѣняется способъ обхода (или при помощи ординатовъ, или измѣряя углы и линіи окружной межи).

а) Пусть дана контура *ABCDEFGH*О, которую требуется снять способомъ обхода. Для этого, вблизи точекъ данной контуры провѣшивають линіи, соединяющіяся между собою подъ прямыми углами (хорошо, если каждая изъ нихъ проходитъ чрезъ выдающіяся точки окружной межи) (черт. 119) и образующія сомкнутую фигуру *MNPQRT*. Работа съемки состоитъ въ измѣреніи абциссъ по вспомогательнымъ линіямъ, а самыя точки опредѣляются или измѣреніемъ ординатовъ напр., Нз, или пересѣченіемъ таковыхъ напр. О₁, С₄, Ез.

Имѣя эти данныя, можно нанести работу съемки на бумагу: предварительно построивши фигуру *mnpqrt*, наносятъ точки контуры, опредѣленные на мѣстности по абциссамъ и ординатамъ.

б) Дана контура *ABCDEFGG* (черт. 120). Требуется произвести съемку обходомъ. Для этого измѣряють всѣ линіи окружной межи: АВ, ВС, CD..... и углы заключенные между ними (см. измѣреніе угловъ эскеромъ). Имѣя эти данныя, можно построить фигуру на бумагѣ подобную фигурѣ на мѣстности.

Если снимаемая контура криволинейна, то поступаютъ аналогично цѣпной съемкѣ въ этомъ же случаѣ, только вспомогательныя линіи могутъ быть проведены на разстояніи не болѣе 30-ти саж. отъ точекъ изгибовъ и углы измѣряются эскеромъ.

Въ большинствѣ случаевъ эскеръ служить вспомогательнымъ инструментомъ: обыкновенно обходя окружной межи и провѣшиваніе вспомогательныхъ линій производится какимъ либо другимъ, болѣе совершеннымъ, угломернымъ инструментомъ (буссолю, астролябіей, мензулой и др.), на долю же эскера остается опредѣленіе мелкихъ изгибовъ внутреннихъ контуръ. Если эскеръ служить вспомогательнымъ инструментомъ, то лучше употреблять зеркальный (скорость работы).

Въ случаѣ, если эскеръ употребляется какъ самостоятельный инструментъ, употребляютъ крестообразный, цилиндрическій, восьмигранный, какъ позволяющіе провѣшиваніе линій въ горизонтальной плоскости.

Точность работы эскеромъ, при вѣрномъ инструментѣ и внимательномъ исполненіи, достигаетъ $\frac{1}{250}$ (т. е., совокупная погрѣшность, происходящая отъ неточнаго опредѣленія угловъ и измѣренія линій, не должна превышать 1-й саж. на 250 саж. отложенія). Такъ что, если при наложеніи данной контуры на планъ получается невязка (несмыкаемость), то она считается допускаемою только тогда, когда величина ея не превышаетъ $\frac{1}{250}$ саж. помноженной на периметръ. Но точность еще зависитъ отъ чертежныхъ инструментовъ и главнымъ образомъ отъ масштаба.

Съемка внутреннихъ контуръ эскеромъ.

Если имѣется граничный планъ какого нибудь участка мѣстности, то при помощи эскера легко нанести положеніе внутреннихъ контуръ на планъ. Пусть данная контура ABCDE, граничный планъ которой уже имѣется, и требуется нанести на него положеніе внутреннихъ контуръ (черт. 121). Это достигается провѣшиваніемъ вспомогательныхъ линій отъ точекъ окружной межи, взятыхъ вблизи границъ внутреннихъ контуръ. Вспомогательныя линіи измѣряются и, во время измѣренія, изъ всѣхъ точекъ изгибовъ опускаютъ на нихъ перпендикуляры, которые также измѣряются. Затѣмъ по абциссамъ на магистральныхъ и ординатамъ производится накладка на планъ. Нужно замѣтить, что ординаты удобнѣе измѣрять тесьмой, саженью, полевымъ циркулемъ, во избѣжаніе развѣтыванія цѣпи для измѣренія короткихъ линій, каковы ординаты.

Вычисленіе площадей.

Опредѣленіе площадей дачъ, участковъ и контуръ можетъ быть произведено двояко: 1) *графическимъ путемъ*, чрезъ измѣреніе на

планѣ длины линій, необходимыхъ для вычисленія площадей, посредствомъ циркуля и масштаба; 2) *механическимъ способомъ* — особыми приборами, устроенными для этой цѣли.

Главнѣйшія геометрическія теоремы, служащія для вычисленія площадей, суть:

1) *Площадь прямоугольника* равняется произведенію основанія на высоту;

2) *Площадь треугольника* = половинѣ произведенія основанія на высоту;

3) *Площадь трапеціи* = полусуммѣ параллельныхъ сторонъ ея помноженной на высоту, или линіи, соединяющей середины двухъ непараллельныхъ сторонъ ея, помноженной на высоту.

Въ прямоугольномъ треугольникѣ основаніемъ служитъ одинъ катетъ, а высотой — другой. Во всякомъ другомъ треугольникѣ за основаніе принимается одна изъ сторонъ его, а за высоту — перпендикуляръ, опущенный на нее изъ вершины противоположнаго угла. Избираемая для основанія сторона должна быть такова, чтобы подошва перпендикуляра получилась на ней, а не на продолженіи ея (при продолженіи линіи легко можно ошибиться, въ особенности если линія коротка).

Для опредѣленія высоты треугольника ABC (черт. 122), нужно поставить одну ножку циркуля въ точку B, а другую отодвигать до тѣхъ поръ, пока описанная ею дуга *abc* не коснется основанія AC. Площадь даннаго треугольника $ABC = \frac{AC \cdot Bb}{2}$; если $AC = 239,6$ саж., $Bb =$

$183,4$ саж., то площадь выразится числомъ $\frac{239,6 \cdot 183,4}{2} = 21971$ кв.

саж. (десятичная дробь въ произведеніи откинута, но отнюдь ее нельзя откидывать въ множителяхъ).

Для вычисленія площади неправильнаго многоугольника ABCDE (черт. 123) разлагають его посредствомъ діагоналей AC и AD на треугольники и опредѣляютъ отдѣльно площадь каждаго изъ нихъ (при этомъ, для сокращенія работы, полезно брать для двухъ смежныхъ треугольниковъ, ABC и ACD, одно основаніе AC).

Площадь многоугольника получится также, если разложить его на треугольники линіями MA, MB, MC..... (черт. 124), проведенными изъ точки M, взятой внутри его, и вычислить площадь каждаго изъ нихъ; сумма площадей всѣхъ треугольниковъ дастъ площадь даннаго многоугольника.

Для вычисленія площади многоугольника имѣется еще другой приѣмъ, состоящій въ слѣдующемъ: принявъ одну изъ сторонъ многоугольника за основаніе, напр., AB, (черт. 125) и продолживъ ее въ обѣ стороны,

строить на ней прямоугольник *mnop* такъ, чтобы стороны его проходили черезъ наиболѣе выдающіяся точки С, F, Н. Послѣ того изъ точекъ D и E опускаютъ перпендикуляры *Ed* и *Db* на линію *po*. Очевидно, площадь многоугольника ABCFEDH получится, когда изъ площади многоугольника *mnop* вычестъ сумму площадей прямоугольныхъ треугольниковъ *HmA*, *CBn* и *FoC*, *dEF* и трапецій—*pHDb* и *bDEd*.

Способъ этотъ имѣетъ тѣ недостатки, что линіи очерченнаго прямоугольника *mnop* получаютъ измѣреніемъ на плоскости бумаги съ неизбѣжной максимумальной погрѣшностью въ $\frac{1}{2}$ саж. на каждое отложеніе въ сотомъ масштабѣ, $\frac{1}{4}$ саж. — въ пятидесятомъ и пр., тогда какъ длина линій *CE*, *FE*, *ED*.... взяты изъ непосредственнаго измѣренія ихъ на мѣстности. И такъ, для вычисленія площади многоугольника, разбиваютъ его на треугольники. Хотя съ перваго взгляда кажется, что удобнѣйшее разложеніе есть то, при которомъ получается возможно меньшее число треугольниковъ; но, на самомъ дѣлѣ, наибольшую часть вычисляемой площади слѣдуетъ занять большими треугольниками, а остальную, меньшую часть затѣмъ — разбить на болѣе мелкіе удобно вычисляемые треугольники и трапеціи. Причина этому та, что ошибки, дѣлаемые при измѣреніи на планѣ основанія и высоты треугольника, производятъ тѣмъ меньшую относительную погрѣшность въ его площади, чѣмъ больше самый треугольникъ.

На черт. 126-мъ можно видѣть такое раздѣленіе: большая часть площади занята двумя треугольниками *AOC* и *CON*, остальная меньшая часть разбита на малые треугольники и трапеціи, удобно вычисляемые.

При вычисленіи площади плана ведется записъ данныхъ, по которымъ опредѣляется площадь, при чемъ треугольники нумеруются или обозначаются буквами такимъ образомъ:

Треугольникъ I им. основаніе = 150 саж., высоту = 75 саж.

” II ” ” = 150 ” ” = 140 ”

” III ” ” = 60 ” ” = 20 ”

и т. д.

Еще проводится графа для площади каждой контуры, а внизу подводится итогъ площадей; равный площади всей контуры. Точность, съ которой опредѣляется площадь плана, зависитъ отъ масштаба. Такъ какъ при помощи сложнаго масштаба линіи измѣряются съ точностью до 0,005 дюйма, то при масштабѣ $\frac{1}{8400}$ (или 100 саж. въ дюймѣ) длина линій опредѣляется съ точностью до $\frac{1}{2}$ саж. ($0,005 \cdot 100 = 0,5$ саж.); при масштабѣ $\frac{1}{4200}$ (или 50 саж. въ дюймѣ) точность $\frac{1}{4}$ саж. ($0,005 \cdot 50 = 0,25$ саж.); точность масштаба 200 саж. въ англійск. дюймѣ = 1 саж. и т. п.

При измѣреніи линій на планѣ по масштабу получается, слѣдоват., нѣкоторая погрѣшность. *Абсолютною погрѣшностью* называется ошибка въ измѣреніи, зависящая отъ нематематической точности масштаба, приходящаяся на всю линію; *относительной погрѣшностью* называется ошибка въ измѣреніи, приходящаяся на каждую сажень линіи. Абсолютная погрѣшность для линій, взятыхъ одинъ разъ въ отложеніи циркуля,—одинакова, т. е., на линіяхъ въ 10, 20, 50, 100, 400 и т. п. саж., дѣлается на каждой одна и таже ошибка, зависящая отъ масштаба: въ 100-мъ масштабѣ— $\frac{1}{2}$ саж., въ 50-мъ— $\frac{1}{4}$ саж. и т. д. Но относительная—для линій бѣльшихъ будетъ меньшая и наоборотъ. Положимъ, измѣрены на планѣ въ масштабѣ $\frac{1}{8400}$ двѣ линіи длиною въ m и m' саж. съ одинаковой абсолютной погрѣшностью въ 0,5 саж., тогда относительныя погрѣшности въ нихъ будутъ (назовемъ относ. погрѣшности x и x')

$$x = \frac{0,5}{m} ; x' = \frac{0,5}{m'}$$

Раздѣливъ одно равенство на другое получаютъ $\frac{x}{x'} = \frac{m'}{m}$; т. е., относительныя погрѣшности измѣренныхъ линій обратно пропорціональны ихъ длинамъ.

Такъ какъ погрѣшность въ площади треугольниковъ вполне зависитъ отъ погрѣшностей, дѣлаемыхъ при измѣреніи основанія и высоты треугольниковъ, то и нужно стараться, при раздѣленіи діагоналями, имѣть меньшее число, но бѣльшихъ треугольниковъ, какъ имѣющихъ значительной длины основанія и высоты.

Относительно вліянія, которое оказываютъ погрѣшности, сдѣланныя при измѣреніи линій на планѣ на точность опредѣленія площади треугольника, нужно замѣтить слѣдующее:

1) Погрѣшности въ площадяхъ уменьшаются, когда ошибки, сдѣланныя при измѣреніи основанія и высоты, имѣютъ противоположные знаки т. е., когда основаніе увеличено противъ дѣйствительной своей величины, а высота уменьшена и наоборотъ.

2) Если погрѣшности въ основаніи и высотѣ получаются съ одинаковыми знаками, то выгодѣйшій случай, при опредѣленіи площадей треугольниковъ будетъ тотъ, когда основаніе и высота равны между собою.

3) Относительная погрѣшность въ площади равна суммѣ относительныхъ погрѣшностей въ основаніи и высотѣ треугольника. Такъ напр.,

при основаніи $= m$ и высотѣ $= h$, измѣренныхъ въ масштабѣ $\frac{1}{8400}$,

относительная погрѣшность въ площади плана $= \frac{0,5}{m} + \frac{0,5}{h}$. Для до-

казательства сказаннаго назовемъ площадь треугольника буквою p , основаніе его— m , высоту h ; тогда $2p = mh$. Пусть относительная погрѣшность въ основаніи $= d$,—въ высотѣ d' , искомая относит. погрѣшность въ площади $= d''$; тогда абсолютная погрѣшность основанія $= dm$, а высоты $= d'h$, въ площади абсол. погрѣшность $= d'p$. Вводя въ вычисленія сказанную погрѣшность, вмѣсто уравн. $2p = mh$ получаютъ

$$2(p + d'p) = (m + dm)(h + d'h)$$

$$\text{или } 2p + 2d'p = mh + mdh + md'h + dmd'h$$

вычтя отсюда урав. $2p = mh$, получаютъ $2d'p = mdh + md'h + dmd'h$.

Отбросивъ послѣдній членъ $dmd'h$, какъ величину очень незначительную, получаютъ: $2d'p = mdh + md'h$

$$\text{или } 2d'p = dm.h + d'h.m$$

Изъ этого уравненія видно, что погрѣшность въ площади будетъ меньше, когда dm и $d'h$ имѣютъ разные знаки.

Чтобы доказать, что относительная погрѣшность въ площади равна суммѣ относительныхъ погрѣшностей въ основаніи и высотѣ, нужно взять предъидущія уравненія:

1) $2p = mh$, 2) $2d'p = mdh + md'h$ и раздѣлить второе на первое, получится $\frac{2d'p = mdh + md'h}{2p = mh}$ или $d'' = d + d'$.

Пусть данный треугольникъ имѣетъ основаніе $= 200$ саж., высоту $= 100$ саж., масштаб—100 саж. въ дюймѣ, слѣдоват., абсолютная погрѣшность $= 0,5$ саж.; относительная погрѣшность въ основаніи $= \frac{0,5}{200} = \frac{1}{400}$,—въ высотѣ $= \frac{0,5}{100} = \frac{1}{200}$; по формулѣ— $d'' = d + d'$,

относительная погрѣшность въ площади треугольника равна $\frac{1}{400} + \frac{1}{200} = \frac{3}{400}$ (maximum) и $\frac{1}{200} - \frac{1}{400} = \frac{1}{400}$ (minimum).

Вообще, тахім'альная погрѣшность при вычисленіи площадей въ сотомъ масштабѣ допускается въ $\frac{1}{2}$ десятины на 100 дес., въ 50-мъ — $\frac{1}{4}$ дес., въ 200 — 1 дес.

Для вычисленія площадей криволинейныхъ контуръ имѣется два способа.

1) Пусть (черт. 127) требуется опредѣлить площадь, заключающуюся между кривою $Авс$ В и прямою линіей $АВ$. Опускаютъ изъ точекъ b, c, d (точекъ главнѣйшихъ изгибовъ кривой) перпендикуляры bb', cc', dd', ee', ff' ; такимъ путемъ данная

контура разбивается на 2 треугольника и 4 трапеции. Площадь всей контуры равна $\frac{Ab'}{2} \cdot bb' + b'c' \left(\frac{bb' + cc'}{2} \right) + c'd' \left(\frac{cc' + dd'}{2} \right) + d'e' \left(\frac{dd' + ee'}{2} \right) + e'f' \left(\frac{ee' + ff'}{2} \right) + ff' \cdot \frac{f'B}{2}$ (I).

Если кривизна (черт. 128) нидь не представляет значительных изгибовъ, тогда удобнѣе проводить перпендикуляры на одинаковомъ разстояніи другъ отъ друга и отъ крайнихъ точекъ, т. е., разстояніе $Ab' = b'c' = c'd' \dots = x$.

При такомъ условіи формула (I) приметъ слѣдующій видъ: $\frac{x}{2} \cdot bb' + x \left(\frac{bb' + cc'}{2} \right) + x \left(\frac{cc' + dd'}{2} \right) + x \left(\frac{dd' + ee'}{2} \right) + x \left(\frac{ee' + ff'}{2} \right) + \frac{x}{2} \cdot ff'$; или $= x \left(\frac{bb'}{2} + \frac{bb' + cc'}{2} + \frac{cc' + dd'}{2} + \frac{dd' + ee'}{2} + \frac{ee' + ff'}{2} + \frac{ff'}{2} \right) = x (bb' + cc' + dd' + ee' + ff')$.

Иначе говоря, въ подобномъ случаѣ нужно сумму всѣхъ ординатовъ помножить на принятое разстояніе между ними.

На основаніи сказаннаго, для опредѣленія величины площади какой нибудь сомкнутой криволинейной контуры ABCDEF..... (черт. 128) избираютъ на ней нѣсколько главныхъ точекъ изгибовъ — А, В, С..... и соединяютъ ихъ прямыми линіями; чрезъ это получается многоугольникъ ABCDEF и нѣсколько фигуръ, ограниченныхъ кривыми линіями — AabcdeB, Bfqmhc и т. д. Площадь многоугольника вычисляется чрезъ разложеніе его на треугольники, а площади малыхъ криволинейныхъ фигуръ — чрезъ разложеніе ординатами на трапеции и треугольники.

2) Въ вычисленіяхъ, не требующихъ особенной точности, можно примѣнять слѣдующій способъ: Пусть данную дачу (черт. 129) съ одной стороны ограничиваетъ какое нибудь живое урочище кривою линіей AabdBcqmggle. Для вычисленія площади кривую эту замѣняютъ прямыми линіями, проведенными такъ, чтобы отрѣзанныя части дачи, примѣрно на глазъ, равнялись частямъ прирѣзаннымъ къ плану, т. е., площадь $Aab = bdB$, площадь $Bcq = qmn + gle$ и т. д. На томъ же основаніи, если требуется отдѣлить площадь криволинейной контуры (черт. 130) проводятъ прямыя — АВ, ВС, СD..... такъ, что каждая отрѣзаетъ и прирѣзаетъ равныя площади. Такимъ образомъ, вмѣсто площади криволинейной контуры получится равная ей площадь прямолинейной контуры и вычисляется разложеніемъ діагоналями на треугольники.

Понятно, что точность этого способа зависитъ отъ навыка на глазъ, оцѣнивать величину площадей малыхъ контуръ, а потому онъ можетъ

быть допускаемъ для облегченія вычисленія въ томъ случаѣ, когда фигура имѣетъ значительную величину, такъ что погрѣшности, происходящія при уравниваніи на глазъ малыхъ отрѣзаемыхъ и прирѣзаемыхъ контуръ, произведутъ незначительную относительную погрѣшность на всей площади. Для приобрѣтенія же навыка, необходимо практиковаться въ опредѣленіи площадей прирѣзываемыхъ и отрѣзываемыхъ участковъ чрезъ разложеніе ихъ на треугольники и трапеціи.

Въ вычисляемой площади плана могутъ получиться значительныя погрѣшности, вслѣдствіе напр., грубыхъ ошибокъ, сдѣланныхъ при измѣреніи на планѣ, или въ дѣйствіяхъ надъ числами, а потому необходимо повѣрить работу вычисленія. Повѣрка дѣлается слѣдующимъ образомъ: разбиваютъ данную контуру на новые треугольники и трапеціи и перевычисляютъ площадь по этимъ даннымъ; но этотъ способъ не практиченъ, потому что при немъ неизвѣстно будетъ, если получится разность, въ которомъ вычисленіи сдѣлана ошибка—въ первомъ или во второмъ, поэтому необходимо бываетъ, вычислить площадь еще третій разъ. Лучшій способъ повѣрки состоитъ въ томъ, чтобы брать тѣ же самыя треугольники и трапеціи, какіе были приняты при первомъ вычисленіи, но перемѣнить въ нихъ основанія и высоты. Разница въ величинѣ площади какого либо треугольника покажетъ, что въ немъ именно и заключается ошибка и поправку можно сдѣлать немедленно, не прибѣгая къ третьему вычисленію всей площади многоугольника.

По вычисленіи площади всей дачи, опредѣляютъ величину площадей внутреннихъ контуръ описанными способами; сумму площадей внутреннихъ контуръ сравниваютъ съ площадью всей дачи. Если разница не превыситъ предѣла допускаемой погрѣшности площади всего плана, то вычисленіе площадей внутреннихъ контуръ считается достаточно точнымъ. Полученная разность разлагается на площади внутреннихъ контуръ пропорціонально ихъ величинѣ.

Для опредѣленія количества земли въ дачѣ подъ дорогами, рѣками, каналами, ручьями, канавами и т. п., измѣряютъ на планѣ циркулемъ длину каждой изъ этихъ контуръ и полученное число сажень умножаютъ на среднюю ширину ихъ. Если которая нибудь изъ нихъ имѣетъ на своемъ протяженіи различную ширину, то вычисляютъ площадь ея по частямъ, имѣющимъ одинаковую ширину.

Вычисленіе площади многоугольника $ABCDEF$ можно упростить, обращая его въ равновеликій ему треугольникъ (черт. 131-й).

Соединяютъ діагональю точки B и F , чрезъ вершину A проводятъ Aa параллельно BF , продолжаютъ сторону FE , точку a соединяютъ съ B , получаютъ, вмѣсто прежняго шестиугольника, — пятиугольникъ $ABCDE$

равновеликій ему, такъ какъ $\triangle ABF = \triangle aBF$, (какъ имѣющіе одинаковыя основанія и высоты). Затѣмъ, соединяють точки D и *a*, чрезъ E проводятъ EO параллельно Da; EO продолжаютъ до пересѣченія съ BO; точку O соединяють съ D; получается четырехугольникъ OBCD равновеликій шестиугольнику; четырехугольникъ этотъ тѣмъ же путемъ обращаютъ въ треугольникъ OBM, равновеликій данному многоугольнику ABCDEF.

Вычисленіе площадей механическимъ способомъ.

Для вычисленія площадей фигуръ употребляются приборы и инструменты, носящіе общее названіе планиметровъ. Изъ нихъ наиболѣе употребительны: *волосая стѣга, палетка, агрометр „Вибикова“ и планиметр „Амслера“*.

Для измѣренія площадей продолговатыхъ и узкихъ криволинейныхъ контуръ очень удобна *волосая стѣга*.

Она состоитъ изъ деревянной, или металлической рамы ABCD (черт. 132), въ которой натянуты тонкіе конскіе волоски взаимно параллельно на разстояніи 0,1 дюйма (10 саж. въ 100-мъ масштабѣ, или 5 саж. въ 50-мъ). Стѣга накладывается на вычисляемую контуру, причемъ таковая раздѣлится волосками на мелкія трапеціи, имѣющія высоту 10-ть или 5-ть саж., смотря по масштабу. Площадь всей контуры получится: если измѣрить сумму всѣхъ линій, соединяющихъ середины непараллельныхъ сторонъ трапецій и помножить ихъ на общую высоту (10 или 5 саж.). Если, при наложеніи стѣги, кромѣ трапецій, получатся еще треугольники, какъ въ данномъ случаѣ *та*, то площадь его вычисляется отдѣльно и прикладывается къ общей площади.

При измѣреніи линій, соединяющихъ середины непараллельныхъ сторонъ, нужно стараться взять ихъ нѣсколько въ отверстіе ножекъ циркуля и затѣмъ уже опредѣлять таковую сумму по масштабу. Если же каждую изъ этихъ линій прикидывать по масштабу, то, кромѣ потери времени, еще рискуютъ на каждой изъ нихъ ошибиться въ предѣлахъ точности данного масштаба, что при большомъ числѣ трапецій выразится большой погрѣшностью въ общей площади.

Для того, чтобы не брать слишкомъ большихъ раствorenій ножекъ циркуля и облегчить процессъ откладыванія на масштабѣ, употребляется *особый циркуль (черт. 133)*, при одной ножкѣ котораго утверждена дуга, проходящая сквозь отверстіе другой ножки. Дуга эта имѣетъ гайку *h*, закрѣпляемую на такомъ мѣстѣ, чтобы разстояніе между концами ножекъ, когда одна изъ нихъ упирается въ гайку *h*, $AB = 2,4$, или $4,8$ дюйма, смотря по тому, какой масштабъ принять для

съёмки—сотый или пятидесятый, разстояніе АВ будетъ выражать десятиину: $2,4 \text{ с.} \cdot 100 \text{ с.} = 2400 \text{ кв. саж.}$; $4,8 \text{ с.} \cdot 50 \text{ с.} = 2400 \text{ кв. с.}$

При измѣреніи такимъ циркулемъ, считаютъ: сколько разъ раствореніе ножекъ АВ повторилось въ суммѣ линий, соединяющихъ средины параллельныхъ сторонъ трапецій; слѣдов., число это будетъ выражать количество десятиинъ въ вычисляемой площади; неполное же отложеніе циркуля (меньшее АВ) измѣряется по масштабу, обращается въ квадратныя сажени и прибавляется къ общей площади.

Волосая сѣть полезна при вычисленіи площадей, очень извилистыхъ узкихъ овраговъ и подобныхъ контуръ, такъ какъ вычисленіе ихъ площадей другими пріемами очень затруднительно; но предварительно подобныя фигуры надобно округлять отъ руки, на глазъ, какъ показано на чертежѣ 134-мъ пунктирными линиями; отъ такого пріема нельзя ожидать чувствительной погрѣшности въ площади.

Подобно волосаной сѣткѣ устроенъ планиметръ *Вологина*. Въ немъ, вмѣсто рамы съ волосками, употреблена прозрачная бумага или каленкоръ (калька), на которомъ чертится рядъ параллельныхъ линий на разстояніи другъ отъ друга 0,1 дюйма или 5 саж. въ 50-мъ и 10 саж. въ 100-мъ масштабѣ. Употребленіе подобно волосаной сѣткѣ.

Для опредѣленія величины площадей округлыхъ фигуръ употребляетъ *палетка*. На прозрачномъ роговомъ листѣ, прозрачной бумагѣ, или полотнѣ чертится прямоугольникъ ABCD (черт. 135), на сторонахъ котораго AD и BC отложены части равныя 0,6 дюйма, или въ 100-мъ масштабѣ, соотвѣтствующія 60 саж., а на сторонахъ AB и DC — по 0,4 дюйма, въ 100-мъ масштабѣ = 40 саж. По проведеніи черезъ точки дѣленія параллельныхъ линий, прямоугольникъ ABCD разбивается на малые прямоугольники, площадь каждаго изъ нихъ = $60 \text{ с.} \cdot 40 \text{ с.} = 1 \text{ десят.}$

Затѣмъ стороны AB и AD дѣлятъ еще на части по 0,1 дюйма, или въ 100-мъ масштабѣ = 10 саж.; если черезъ эти точки дѣленія провести линіи параллельныя бокамъ прямоугольника ABCD, то получится рядъ мелкихъ квадратовъ съ площадью = $10 \text{ с.} \cdot 10 \text{ с.} = 100 \text{ кв. с.}$

Для опредѣленія площади какой либо контуры, накладываютъ на нее палетку и отмѣчаютъ на ней цѣлыя десятины — кружками, малые квадраты — крестами и мелкіе многоугольники — черточками, (т. е., тѣ которые меньше 100 кв. саж.). Сумма площадей прямоугольниковъ, квадратовъ и многоугольниковъ даетъ общую площадь вычисляемой контуры.

Агрометръ Бибикова употребляется при вычисленіи площадей, ограниченныхъ прямыми линиями.

Онъ дѣлается въ видѣ линейки АВ (черт. 136), длиною отъ 1-го до 2-хъ футовъ, шириною AC = 2 дюйм. По краю линейки CM от-

кладываютъ части въ 0,24 дюйма, или $\equiv$ 24 саж. въ 100-мъ масштабѣ. На начальной, или крайней точкѣ дѣленій ставятъ нуль и чрезъ каждыя 5 или 10 дѣленій надписываютъ цифры.

Устройство агрометра основано на равновеликости площадей треугольниковъ, имѣющихъ равныя основанія и высоты. Напр., пусть (черт. 137) черезъ вершину треугольника ABC, точку B проведена линія MN параллельно основанію AC, произвольныя точки на ней—O, P, S соединяютъ съ точками A и C, получаютъ рядъ треугольниковъ—OAC, PAC, SAC. Площади этихъ треугольниковъ равновелики площади треугольника ABC; такъ какъ основаніе AC у нихъ общее, а высота для всѣхъ одинакова по одинаковости перпендикулярнаго разстоянія линіи NM отъ AC.

При употребленіи агрометра для вычисленія площади треугольника ACB (черт. 138) проводятъ чрезъ вершину его C линію CD параллельно основанію AB; затѣмъ на треугольникъ накладываютъ агрометръ такъ, чтобы дѣленіе, означенное нулемъ, совпало съ точкой A, а край EF касался точки B. Число частей агрометра, заключающихся между точками A и D, выразитъ количество десятинъ (если площадь треугольника опредѣляется въ сотомъ масштабѣ) въ площади данного треугольника.

Доказат. — треугольникъ ACB равновеликъ треугольнику ADB, потому, что у нихъ общее основаніе AB и одинаковыя высоты; площадь

же треугольника ABD $= AD \cdot \frac{Bm}{2} =$ площади $\triangle ACB'$. Bm есть

ширина линейки агрометра $= 2$ дюймамъ, $\frac{Bm}{2} = 1$ дюму или въ со-

томъ масштабѣ $= 100$ саж. Если AD $= 30$ дѣленіямъ, то, при дѣленіяхъ, равныхъ каждое 0,24 д. или 24 саж. въ сотомъ масштабѣ, площадь, треугольника ABD выразится: 24 саж. $\cdot$ 100 саж. $30 = 30$ десятинъ. Но если линія CD, проведенная изъ точки C, пройдетъ между двумя какими нибудь дѣленіями агрометра, то, для опредѣленія частей десятины, необходимо прибѣгнуть къ слѣдующему построенію: на линіи произвольной длины (черт. 139) откладываютъ нѣсколько частей (20, 24, 30, 60), вообще дѣлятъ прямую AB на такое число частей, которое было-бы дѣлителемъ 2400 (на черт. 139-мъ—30 частей). Въ точкѣ B возставляютъ перпендикуляръ CB къ линіи AB, перпендикуляръ CB долженъ быть равенъ дѣленію агрометра т. е., 0,24 дюйма; точку C соединяютъ съ точкой A, получается прямоугольный треугольникъ ACB. Затѣмъ, изъ всѣхъ точекъ дѣленія возставляютъ перпендикуляры до пересѣченія съ AC. При подобномъ построеніи, если линія CB $= 0,24$

дюйма, то линия $m=0,24. \frac{29}{30}$, линия $n=0,24. \frac{28}{30}$, $p=0,24. \frac{27}{30}$.
и т. д. (это слѣдуетъ изъ пропорцій: $m:CB=29:30$; $n:CB=28:30$;
 $p:CB=27:30$ и т. д.).

Если, слѣдовательно, одно дѣленіе агрометра соотвѣтствуетъ десяти-
тинѣ, то $\frac{1}{30}$ его $= \frac{2400}{30} = 80$ кв. саж. Итакъ, если точка D упадетъ
между дѣленіями, то, взявши въ отверстіе ножекъ циркуля неполное
дѣленіе и прикинувши на такой масштабъ, можно найти, сколькимъ
квадр. саженьямъ оно соотвѣтствуетъ. Положимъ, что D перешло 25-е
дѣленіе агрометра на величину, которая по масштабу (черт. 139) рав-
няется линіи b ; слѣдовательно, площадь даннаго треугольника равняется
25-ти десятинамъ $+ (80 \text{ кв. саж.} \times 22) = 25 \text{ дес. } 2260 \text{ кв. саж.}$
Можно строить масштабы и съ большей точностью: такъ, если по АВ
отложить 80 частей, то точность будетъ равна $\frac{2400}{80} = 30 \text{ кв. саж.}$;
если—100 частей, то точность $= \frac{2400}{100} = 24 \text{ саж.}$ и т. д.

Когда при вычисленіи попадаетъ треугольникъ, для котораго агро-
метръ малъ, то его разбиваютъ на нѣсколько меньшихъ треугольниковъ
и вычисляютъ площадь каждаго отдѣльно. Если же данный треугольникъ
имѣетъ стороны менѣе двухъ дюймовъ, то употребляютъ два способа
для вычисленія таковыхъ площадей:

1) Увеличиваютъ площадь треугольника въ 2, 3, 4 и т. д. разъ
при помощи увеличенія высоты или основанія треугольника въ 2, 3, 4....
раза и, вычисливъ площадь агрометромъ, уменьшаютъ ее во столько
разъ, во сколько увеличили. Такъ напр.: данъ треугольникъ ABC
(черт. 140).

Строятъ на томъ же основаніи AC треугольникъ ADC, имѣющій
вдвое бѣльшую высоту, слѣдов., и вдвое бѣльшую площадь. Находятъ
посредствомъ агрометра, что площадь увеличеннаго вдвое треугольника
 $= 17 \text{ дес. } 600 \text{ кв. саж.}$ Слѣдов., площадь даннаго треугольника $= 8 \text{ дес. } 1500 \text{ кв. саж.}$

Агрометръ строятъ еще на роговомъ листкѣ, или прозрачной бу-
магѣ, при чемъ, давши ширину въ 2 дюйма, дѣлятъ ее еще на двѣ,
или на четыре части и черезъ точки дѣленія (черт. 141) проводятъ
параллельныя линіи. Этимъ агрометромъ можно вычислять площади тре-
угольниковъ меньшихъ размѣровъ, чѣмъ предыдущимъ.

Планиметр „Амслера“. Планиметр „Амслера“ (черт. 142) называется полярнымъ, оттого что инструментъ при употребленіи обращается около одной точки, именуемой полюсомъ. Онъ имѣетъ слѣдующее устройство: къ скобѣ Н прикрѣпляются два рычага А и В; рычагъ А вращается на оси С и оканчивается иглою *i*; рычагъ В свободно движется въ гнѣздѣ муфты скобы Н и оканчивается штифтомъ F. Въ скобѣ помѣщается валъ D, имѣющій на окружности 100 дѣленій; съ боку вала прикрѣпленъ нониусъ *z*, показывающій десятыя части дѣленій вала. Ось, съ которою вращается валъ, снабжена безконечнымъ винтомъ, приводящимъ въ движеніе дискъ К, окружность котораго раздѣлена на 10 равныхъ частей, каждое дѣленіе этого диска соотвѣтствуетъ полному обороту вала.

Измѣреніе площадей полярнымъ планиметромъ производится такъ: поставивъ его на планъ, иглу *i* втыкаютъ въ бумагу и сверху ея накладываютъ грузъ, чтобы точка вращенія не измѣнила своего положенія; штифтъ F устанавливаютъ въ какой нибудь точкѣ *h* контуры (черт. 142) и отсчитываютъ на дискѣ К и на валѣ D число дѣленій: положимъ на дискѣ имѣется 5 дѣленій, на валѣ 26 и нониусъ показываетъ 0,4 дѣленій вала, все это = 5264 тысячныхъ окружности вала. Сдѣлавши отсчетъ, начинаютъ тщательно обводить контуру штифтомъ F по направленію движенія часовой стрѣлки, при чемъ валъ D будетъ вращаться; при полномъ оборотѣ его, безконечный винтъ повернетъ дискъ К на одно дѣленіе. Отсчеты на валѣ D и на дискѣ К измѣняются пропорціонально площади, которую обходитъ штифтъ F планиметра.

По обводѣ штифтомъ F всей контуры до начальной точки *h*, берется снова отсчетъ: положимъ, теперь на дискѣ К 8 дѣленій, на валѣ 85 и нониусъ показываетъ 0,6, слѣдоват., все это = 8856 тысячныхъ окружности вала. Разность обоихъ отсчетовъ = $(8856 - 5264)$. *x* выразитъ величину вычисляемой площади; *x* есть единица площади, соотвѣтствующая одной тысячной части окружности вала D. Если $x =$

$\frac{1}{20}$ десят., то площадь фигуры = 3592. $\frac{1}{20} = \frac{3592}{20} = 179\frac{3}{5}$ десятины.

Вообще, если обозначить площадь контуры буквой Р, число тысячныхъ окружности вала до обвода—К, послѣ обвода—М, количество кв. сажень, соотвѣтствующихъ тысячной окружности вала *x*, то въ случаѣ, когда полюсъ находится внѣ вычисляемой площади, $P = (M - K) \cdot x$. Коэффициентъ *x* лучше всего опредѣляется изъ опыта: для этого берутъ какую нибудь правильную фигуру (кругъ, квадратъ, прямоугольникъ и т. п.), площадь которой удобно опредѣляется геометрически; пусть она равна 40 десят. По обводѣ этой контуры планиметромъ получаютъ

напр. разность отсчетов = 800 тысячныхъ окружности вала; частное = $\frac{40 \text{ десят.}}{800} = 120$ кв. саж., выразить количество кв. сажений, соответствующихъ одной тысячной окружности вала планиметра.

Если планиметръ полюсомъ будетъ поставленъ внутри вычисляемой контуры, то къ разности обоихъ отсчетовъ необходимо прибавлять нѣкоторую постоянную величину, т. е., формула приметъ такой видъ: $P = \{(M - K) + C\}x$ (гдѣ C — постоянная величина, выраженная въ тысячныхъ доляхъ вала планиметра). Величина эта находится также опытнымъ путемъ. Для этого одна и та же фигура обводится планиметромъ два раза: одинъ разъ, имѣя полюсъ внутри контуры, другой — внѣ ея; разность отсчетовъ одного и другого обводовъ будетъ равняться искомой постоянной величинѣ.

Какъ x такъ и C зависятъ отъ размѣровъ планиметра, собственно, отъ длины обводнаго рычага и діаметра вала. Для удобства вычисления важно, чтобы величина x выражалась цѣлымъ и круглымъ числомъ. Выдвижной обводный рычагъ позволяетъ установить планиметръ такъ, что x будетъ равняться напр., $\frac{1}{80}$ или другой какой либо доль десятины, смотря по желанію.

Величины x и C записываются на ножкѣ планиметра. Такъ какъ при работѣ планиметромъ можно уклоняться обводнымъ штифтомъ незаметно, то въ одну, то въ другую сторону, максимумъ на $\frac{1}{2}$ саж., въ сотомъ масштабѣ, на $\frac{1}{4}$ саж. — въ 50-мъ, то слѣдоват., максимумъ точность измѣренія будетъ равна полусажени или четверти сажени помноженной на периметръ фигуры.

На черт. 143 изображенъ планиметръ Амслера съ невыдвижнымъ рычагомъ В.

Б у с с о л и.

Буссолью называется инструментъ, посредствомъ котораго опредѣляются горизонтальные углы, составленные данными линиями на земной поверхности съ направлениемъ свободно висящей магнитной стрѣлки.

Для ознакомленія съ началами, на которыхъ основано устройство буссолей, необходимо имѣть слѣдующія краткія свѣдѣнія о земномъ магнетизмѣ.

Особая желѣзная руда, имѣющая свойство притягивать желѣзо, называется естественнымъ магнитомъ. Магнитная сила можетъ быть сообщена кускамъ стали посредствомъ натиранія ихъ естественнымъ магнитомъ (намагничиваніе). Въ каждомъ магнитѣ имѣются двѣ противоположныя точки, гдѣ

сила притяженія наибольшая; точки эти называются полюсами. Если магнитъ имѣть форму бруска, то полюсы находятся на его концахъ.

Прямая линія, соединяющая оба полюса, называется *осью магнита*.

Намагниченная полоска стали, или такъ называемая магнитная стрѣлка, свободно висящая и вращающаяся въ своемъ центрѣ тяжести, обращается однимъ концомъ къ сѣверу, а другимъ къ югу.

Конецъ, обращенный къ сѣверу, наз. сѣвернымъ, къ югу—южнымъ полюсомъ.

Отвѣсная плоскость, проходящая черезъ ось свободно висящей магнитной стрѣлки, наз. *магнитнымъ меридіаномъ*. Уголь, составляемый магнитнымъ меридіаномъ съ географическимъ, наз. *склоненіемъ* магнитной стрѣлки. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ земнаго шара склоненіе = нулю, т. е., магнитный меридіанъ совпадаетъ съ географическимъ; въ другомъ—оно западное, или восточное, смотря по тому, къ западу или востоку отклоняется магнитный меридіанъ отъ географическаго своимъ сѣвернымъ концомъ. Если свободно повѣсить немагнитную полоску стали за ея центръ тяжести и послѣ ее намагнитить, то центръ тяжести перемѣнитъ свое положеніе и въ сѣв. полушаріи будетъ наклоненъ къ горизонтальной—сѣверный конецъ стрѣлки; а въ южномъ—южный.

Уголь, составляемый осью магнитной стрѣлки съ горизонтальной плоскостью, называется *наклоненіемъ* стрѣлки. Наклоненіе стрѣлки не вездѣ одинаково: близъ экватора оно = нулю, т. е., стрѣлка горизонтальна; съ приближеніемъ къ полюсамъ наклоненіе увеличивается и близъ полюсовъ достигаетъ 90° , т. е., стрѣлка принимаетъ отвѣсное положеніе. Вліяніе наклоненія легко можно устранить, сдѣлавши приподнятый конецъ стрѣлки болѣе тяжелымъ (прилѣпить воску, сургучу и т. п.).

Склоненіе магнитной стрѣлки въ одномъ и томъ же мѣстѣ не бываетъ постоянно, но измѣняется по времени. Въ XVI-мъ вѣкѣ во всей Западной Европѣ оно было восточное, постепенно съ тѣхъ поръ уменьшаясь, оно сдѣлалось = нулю; затѣмъ перешло въ западное и въ нашемъ столѣтіи западное склоненіе стало уменьшаться. Въ одно и то-же время и въ различныхъ мѣстахъ существуетъ и различное склоненіе: такъ напр., въ 1839-мъ году склоненіе въ Парижѣ было западное = 22° , въ С.-Петербургѣ — западное = 6° , въ Москвѣ — западное = 3° , въ Барнаулѣ (Сибирь)—восточное = 8° и т. д., въ 1890-мъ году въ Москвѣ склоненіе было восточное $2^{\circ}27'$.

Кромѣ зависимости колебаній склоненія отъ времени и мѣста, въ теченіи сутокъ, въ одномъ и томъ же мѣстѣ происходятъ западныя и восточныя отклоненія магнитной стрѣлки. Лѣтомъ эти отклоненія значительнѣе, чѣмъ зимой; днемъ значительнѣе, чѣмъ ночью (причина—вліяніе солнечныхъ лучей). Стрѣлка съ утра до двухъ часовъ пополудни

движется къ западу, а съ этого времени до вечера—къ востоку, такъ что уголъ между крайними ея направленіями въ теченіи сутокъ доходить лѣтомъ до $15'$ и даже до $25'$, а зимой до $6'$.

Стрѣлка измѣняетъ свое направленіе и отъ случайныхъ причинъ: напр., во время грозы, сѣвернаго сіянія измѣненія иногда доходятъ до 2^0 . Магнитная руда, находящаяся по близости, точно также измѣняетъ направленіе стрѣлки даже на десятки градусовъ, а иногда стрѣлка отъ этой причины и совсѣмъ перестаетъ дѣйствовать.

Изъ всего вышеизложеннаго видно, что буссоль (инструментъ, основанный на свойствѣ магнитной стрѣлки всегда имѣть определенное направленіе) никогда не можетъ быть употребляема для точныхъ съемокъ. Средняя точность измѣренія угловъ буссолью принимается $= 15'$. Такъ какъ склоненіе съ теченіемъ времени измѣняется, то для опредѣленія вѣрнаго положенія снятаго пространства на планѣ, необходимо знать склоненіе стрѣлки, соотвѣтствующее времени съемки. Суточными же измѣненіями направленія стрѣлки можно, по незначительности ихъ, совершенно пренебречь и считать направленія эти взаимно параллельными.

Магнитныя стрѣлки, употребляемыя въ буссоляхъ, имѣютъ форму ромба (черт. 144), тонкой пластинки, заостренной на концахъ и поставленной на ребро (черт. 145) и наконецъ—тонкой пластинки, обращенной широкой стороной вверхъ (черт. 146).

Сѣверный конецъ стрѣлки обозначается буквою N, или дѣлается изъ вороненой стали. Въ срединѣ стрѣлки дѣлается круглое отверстіе, въ которое вставляется мѣдная конусообразная шляпка съ вдѣланнымъ въ нее кружкомъ изъ агата d ; этою шляпкою стрѣлка вѣшается на вертикальный стальной заостренный шпиль, при чемъ агатовый кружокъ служитъ для уменьшенія тренія при качаніяхъ стрѣлки (черт. 147).

Намагничиваніе стрѣлокъ производится двумя способами:

1) Посредствомъ простаго натиранія: на горизонтально положенной стрѣлкѣ ставятъ вертикально магнитъ на одинъ ея конецъ, ведутъ имъ до другого конца и повторяютъ этотъ пріемъ до окончательнаго намагниченія.

2) Посредствомъ двойнаго натиранія: къ срединѣ стрѣлки прикладываютъ два магнита подъ угломъ въ 20^0 — 30^0 противоположными полюсами и ведутъ ими отъ середины къ концамъ; при неоднократномъ повтореніи, конецъ стрѣлки, соприкасающійся съ южнымъ полюсомъ магнита, будетъ сѣвернымъ и наоборотъ.

Этимъ способомъ стрѣлка намагничивается скорѣе и сильнѣе.

Буссоль съ діонтрами (черт. 148 и 149). На линейкѣ pp' утверждена мѣдная цилиндрическая коробка высотой въ $\frac{1}{2}$ —1 дюйм.

и 4—6 дюйм. въ діаметрѣ; къ внутренней стѣнкѣ ея прикрѣплено высеребрянное кольцо (либъ), раздѣленное на градусы, обозначенными цифрами въ одну сторону отъ 0° до 360° . Въ центрѣ лимба ко дну буссоли утвержденъ вертикально шпиль, на которомъ вращается магнитная стрѣлка. Коробка закрывается сверху стеклянною крышкою и, сверхъ того, при переноскѣ мѣдною. На концахъ линейки *pp* укрѣплены на шарнирахъ діоптры *d*, *d'*, каждый изъ нихъ можетъ служить и глазнымъ и предметнымъ; шарниры позволяютъ пригибать діоптры къ коробкѣ во время переноски. Рычагъ *S* прижимаетъ стрѣлку къ стеклу, когда буссолью не работаютъ. Трубкою *K* буссоль надѣвается на цилиндръ *T*, оканчивающійся яблокомъ, которое входитъ въ соотвѣтствующее гнѣздо подставки. Винты — *x*, *x'*, *x''*, *x'''* служатъ для приведенія буссоли въ горизонтальное положеніе. Подставка (бакса) укрѣпляется на треножникѣ. Для приведенія буссоли въ горизонтальное положеніе дѣйствуютъ винтами *x*, *x'*, *x''* и *x'''* до тѣхъ поръ, пока концы стрѣлки не совпадутъ съ плоскостью лимба.

Кромѣ описаннаго штатива (подставки) для бусселей съ діоптрами употребляютъ еще другой, имѣющій слѣдующее устройство (черт. 148): къ треножнику прикрѣпляется цапфа, оканчивающаяся цилиндромъ *z*; на этотъ цилиндръ надѣвается бакса штатива трубкою *l*, которая закрѣпляется нажимательнымъ винтомъ *q*. Къ верхней части трубки *l* прикрѣпленъ полый цилиндръ, состоящій изъ двухъ половинъ *b* и *b'*, одна изъ нихъ подвижна и прикрѣпляется къ другой винтомъ *n*; внутренняя верхняя часть этого цилиндра представляетъ округлое гнѣздо, въ которое входитъ яблоко *O* стержня *T*; на стержень *T* надѣвается буссоль трубкою *K*.

Изъ небольшихъ бусселей, служащихъ для опредѣленія величины угловъ, употребительнѣйшая — *буссоль Шмалькальдера* (черт. 58 — высот. Шмалькальдера). Она состоитъ изъ мѣдной цилиндрической коробки *A* въ діаметрѣ 3—4 дюйма и высотой $\frac{3}{4}$ —1 дюймъ; въ центрѣ коробки вращается магнитная стрѣлка, къ концамъ которой прикрѣплено кольцо изъ тонкой латуни, высеребрянное или оклеенное бумагой; оно раздѣлено на градусы; нуль дѣленій помѣщенъ около южнаго конца стрѣлки, подпись градусовъ располагается отъ юга къ западу до 360° .

Кольцо (либъ) вращается на оси вмѣстѣ съ стрѣлкой.

Коробка сверху закрывается стеклянною, а при переноскѣ еще и мѣдною крышкою.

Съ боковъ коробки, діаметрально противоположно, прикрѣплены два діоптра; устройство ихъ аналогично таковымъ же въ высотѣ Шмалькальдера.

Такъ какъ чрезъ призму глазнаго діоптра цифры представляются глазу въ обратномъ видѣ, то на лимбѣ онѣ изображаются обратно, чтобы наблюдать ихъ въ прямомъ видѣ.

Во дно буссоли ввинчивается цилиндрическая трубка, которою она надѣвается на коль, или на штативъ.

Кромѣ описанныхъ бусселей существуютъ еще буссоли, въ которыхъ діоптры замѣнены зрительной трубой.

Повѣрка бусселей.

Предъ употребленіемъ бусселей необходимо удостовѣриться: выполнены ли всѣ тѣ условія, которыя требуются отъ вѣрной буссоли.

Повѣрки буссоли двухъ родовъ: къ первому роду повѣрокъ принадлежатъ тѣ, которыя производятся разъ навсегда; ко второму — которыя должны быть повторяемы отъ времени до времени.

Повѣрки I-го рода: 1) *Не содержитъ-ли буссоль въ себѣ желѣза*; 2) *вѣрно ли раздѣленъ лимбъ буссоли*; 3) *перпендикулярна-ли плоскость лимба къ вертикальной оси вращенія буссоли*.

1) Вынувши стрѣлку изъ буссоли, вѣшаютъ ее особо на вертикальномъ шпиль и подносятъ къ ней подставку и коробку буссоли различными ихъ частями; если стрѣлка при этомъ не будетъ отклоняться отъ своего направленія, то въ инструментѣ нѣтъ желѣза. Въ противномъ случаѣ буссоль не годится для употребленія.

2) Берутъ въ отверстіе ножекъ циркуля нѣсколько дѣленій буссоли напр. 5 и, начиная отъ нуля, переставляютъ циркуль по лимбу черезъ одно дѣленіе; если во всѣхъ мѣстахъ въ отверстіе ножекъ циркуля будетъ входить 5 дѣленій, то условіе выполнено.

Въ противномъ случаѣ, если напр., гдѣ нибудь погрѣшность не превышаетъ $\frac{1}{8}^0$, то надобно замѣтить то мѣсто лимба, гдѣ есть эта неврѣнность и потомъ, при отсчитываніи угловъ, принимать ее во вниманіе.

При большихъ погрѣшностяхъ въ дѣленіяхъ лимба, буссоль не годится для употребленія.

3) Поставивши на дно, или на стеклянную крышку буссоли вѣренный уровень *) (приборъ, служащій для приведенія плоскостей въ горизонтальное положеніе), приводятъ пузырекъ его на середину трубки и обращаютъ буссоль около вертикальной оси; если пузырекъ все время будетъ занимать средину трубки, то условіе выполнено; если же онъ выйдетъ изъ своего положенія, то слѣдовательно дно буссоли наклонено къ вертикальной оси вращенія инструмента и ее нужно отдать механику для исправленія.

*) См. дальше — „уровни“.

Повѣрки II-го рода (повременныя).

- 1) *Уравновѣшена ли магнитная стрѣлка?*
- 2) *Не имѣетъ ли стрѣлка эксцентрицизма (т. е., не вращается ли она внѣ центра лимба)?*
- 3) *Достаточно ли острѣ шпиль и имѣетъ ли стрѣлка потребную чувствительность (достаточно ли намагничена стрѣлка)?*
- 4) *Перпендикулярна ли коллимаціонная плоскость къ плоскости лимба?*
- 5) *Совпадаетъ ли коллимаціонная плоскость съ діаметромъ, проходящимъ черезъ 0° и 180° лимба буссоли?*

1) Приводятъ буссоль въ горизонтальное положеніе посредствомъ уровня и смотрятъ: совпадаютъ-ли концы стрѣлки съ плоскостью лимба; если нѣтъ, то на поднявшійся конецъ налѣпляютъ немного воску или сургучу до уравновѣшиванія ея.

2) Когда ось стрѣлки (шпиль) проходитъ чрезъ центръ лимба, то оба конца стрѣлки должны показывать дѣленія или одинаковыя, или разнящіяся другъ отъ друга на 180° , напр., (черт. 150) $\angle AOB = \angle DOC$; $\angle AOB$, отсчитываемый по сѣверному концу стрѣлки $= 90^\circ$, южный конецъ показываетъ на 270° , очевидно $\angle DOC = 270 - 180 = 90^\circ$. Если стрѣлка занимаетъ внѣцентральное положеніе O' , то уголъ $AO'N'$, какъ имѣющій вершину между центромъ и окружностью, измѣряется полусуммою дугъ, заключенныхъ между сторонами и ихъ продолженіемъ т. е., $= \frac{\angle AN + \angle CS'}{2}$. Слѣдоват., для повѣрки направляютъ діоптры

на какой нибудь предметъ и отсчитываютъ показанія по сѣверному и южному концу стрѣлки; если второй отсчетъ будетъ разниться отъ перваго на 180° (при расположеніи дѣленій отъ 0° до 360°), то стрѣлка вращается въ центрѣ лимба. Въ случаѣ внѣцентренности стрѣлки, также можно измѣрять углы, но только нужно брать полусумму обѣихъ показаній, отнявши прежде отъ большаго показанія 180° , или придавши 180° къ меньшему.

3) Достаточно ли острѣ шпиль, повѣряется такъ: замѣчаютъ дѣленіе, на которомъ стоитъ стрѣлка; затѣмъ, не тревожа буссоли, выводятъ стрѣлку изъ ея положенія; если она, установившись снова, будетъ показывать то же самое дѣленіе, то, слѣдоват., вращеніе свободно и шпиль достаточно острѣ; въ противномъ случаѣ его нужно подточить.

Чѣмъ сильнѣе стрѣлка намагничена, тѣмъ скорѣе она колеблется и устанавливается послѣ выведенія ея изъ плоскости магнитнаго меридіана (поднесеніемъ къ ней какого либо желѣзнаго предмета). Слабую стрѣлку, которая тихо и долго качается, надобно намагнитить.

4) Чтобы узнать, перпендикулярны ли коллимаціонныя плоскости къ плоскости лимба поступаютъ такимъ образомъ: ставятъ буссоль въ какойнибудь точкѣ и приводятъ ее въ горизонтальное положеніе (или уровнемъ, или по стрѣлкѣ). Затѣмъ, въ сторонѣ вѣшаютъ нить съ отвѣсомъ и направляютъ коллимаціонную плоскость на отвѣсъ; если волосокъ предметнаго діоптра совпадаетъ всѣми точками съ отвѣсомъ, то условіе выполнено; если же нѣтъ, то этотъ недостатокъ легко исправить самому, подложивши подъ края невѣрныхъ діоптровъ бумаги и тѣмъ измѣнить положеніе коллимаціонной плоскости въ требуемую сторону.

5) Совпадаетъ-ли коллимаціонная плоскость съ діаметромъ, проходящимъ чрезъ 0^0 и 180^0 — повѣряется такимъ образомъ: направляютъ коллимаціонную плоскость на какойнибудь предметъ и замѣчаютъ показаніе стрѣлки; затѣмъ, снявши діоптры и крышку буссоли, на дѣленіяхъ лимба — 0^0 и 180^0 , ставятъ тонкія мѣдныя шпильки (прикрѣпितъ воскомъ) и направляютъ линію визировація чрезъ шпильки на тотъ же предметъ.

При вѣрности буссоли въ этомъ отношеніи, показаніе стрѣлки, какъ въ первомъ, такъ и во второмъ случаѣ, должно быть одинаково. Если же окажется разность, то, такъ какъ она величина постоянная, записывается разъ навсегда по обѣ стороны нуля дѣленій буссоли съ плюсомъ и минусомъ и, при опредѣленіи величины угловъ, принимается во вниманіе.

Положимъ NS (черт. 151) — направленіе магнитной стрѣлки, АВ — коллимаціонная плоскость, ab — діаметръ, проходящій чрезъ 0^0 и 180^0 , Р — центръ вращенія стрѣлки.

Линія АВ съ магнитнымъ меридіаномъ составляетъ уголъ $NPB = 65^0$ (на что указываетъ сѣв. конецъ стрѣлки). Но эти 65^0 считаются не отъ точки В, а отъ b , при которой стоитъ нуль градусовъ; слѣдов., въ этомъ случаѣ, отсчитывается величина дуги меньшая искомой на $\sphericalangle bV$.

Опредѣливъ дугу bV , можно вѣрно опредѣлять углы, придавая ее всякій разъ къ величинѣ угла, или отнимая, смотря по взаимному положенію АВ и ab . Если дуга $bV = 5^0$, то уголъ NPB или, что все равно, $\sphericalangle NB = 65^0 + 5^0 = 70^0$.

Магнитные и истинные азимуты.

Азимутомъ какойнибудь линіи называется уголъ въ горизонтальной плоскости, образуемый данной линіей съ направлениемъ меридіана. Магнитнымъ азимутомъ наз. уголъ, составленный данной линіей съ магнитнымъ меридіаномъ, а истиннымъ азимутомъ наз. уголъ, составленный данной линіей съ истиннымъ (географическимъ) меридіаномъ.

Если (черт. 152) $ОВ$ данная линия, NS истинный меридианъ, ns направление магнитной стрѣлки, то $\angle NOB$ истинный азимуть, а $\angle nOB$ магнитный. Магнитный азимуть можетъ быть больше, или меньше истиннаго (это зависитъ отъ склоненія стрѣлки).

Азимуты отсчитываются отъ сѣвернаго конца стрѣлки черезъ востокъ до полной окружности т. е., до 360° ; обозначаются они обыкновенно такъ: $As: 80^\circ$, $As: 120^\circ$, $As: 250^\circ$ и т. д. Такъ какъ азимуты считаются отъ 0° до 360° , то лимбъ бусселей, служащихъ для опредѣленія ихъ, имѣетъ счетъ дѣленій отъ 0° до 360° , причеъ нуль дѣлений въ буссоляхъ съ діоптрами находится при предметномъ діоптрѣ; въ буссоляхъ же ручныхъ (Шмалькальдера) при южномъ концѣ стрѣлки.

Чтобы узнать величину азимута данной линии, устанавливаютъ буссоль въ какой либо ея точкѣ; затѣмъ разстановкою ножекъ штатива, склоненіемъ коробки на баксѣ, или установительнымъ механизмомъ, когда онъ есть при штативѣ, приводятъ стрѣлку въ горизонтальное положеніе, параллельное дну коробки. Діоптры направляютъ по данной линіи и замѣчаютъ показаніе сѣвернаго конца стрѣлки; это будетъ магнитный азимуть: (черт. 153). ns —магнитная стрѣлка; 0° — 180° —коллимационная плоскость; C —центръ вращенія стрѣлки; $\angle BCn$ —азимуть линіи AB .

Такъ какъ азимуты должны отсчитываться къ востоку отъ сѣвернаго конца стрѣлки, то нумерація дѣленій лимба должна идти отъ нуля влѣво. Если же въ нанесеніи цифръ на лимбѣ сдѣлана ошибка—нумерація направлена въ правую сторону отъ предметнаго діоптра, то азимуть данной линіи равняется 360° безъ показанія стрѣлки.

Въ буссоляхъ отражательныхъ (Шмалькальдера) азимуть отсчитывается по южному концу стрѣлки.

Азимуть линіи AB на черт. 153-мъ $= 130^\circ$, т. е., $\angle CBn = 130^\circ$.

Надписи на лимбѣ бусселей съ діоптрами N , NO , O , SO , S и т. д. не имѣютъ значенія.

Нанесеніе азимутовъ на бумагу. При нанесеніи на бумагу азимутовъ, принимаются данными направленіе магнитнаго меридіана и точка, въ которой стояла буссоль. Пусть требуется нанести на бумагу три линіи: $ab = 40$ саж. $As: 100^\circ$, $bc = 100$ саж. $As: 65^\circ$, $cd = 60$ саж. $As: 220^\circ$; всѣ онѣ находятся въ послѣдовательной связи между собою.

Сначала на бумагѣ назначаютъ (черт. 154) линіей ns направленіе магнитнаго меридіана; подъ угломъ въ 100° къ ns , при помощи транспортира, проводятъ отъ какой нибудь точки a линію ab , равную по масштабу 40 саж. Въ точкѣ b проводятъ линію $n's'$ параллельно ns и подъ угломъ въ 65° къ ней проводятъ линію bc , равную въ масштабѣ

100 саж. Въ точкѣ С проводятъ $n''s''$ параллельно ns и линію cd , равную въ масштабѣ 60 саж. подъ угломъ къ $n''s'' = \angle dcs'' = 220^\circ - 180^\circ = 40^\circ$ (отъ южнаго конца магнитнаго меридіана $n''s''$). По чертежу видно, что азимуты линій ab , bc , cd наносятся отъ меридіана вправо, къ востоку (т. е., въ сторону противоположную счету дѣленій на лимбѣ).

Если азимуты опредѣлены отражательной буссолью, то они наносятся отъ сѣвера къ востоку, въ ту же сторону, въ какую направлены дѣленія буссоли.

Обратные азимуты (черт. 155). Пусть опредѣленъ азимутъ линіи АВ, т. е., $\angle nAb$, при стояніи буссоли въ точкѣ А. Если поставить буссоль въ точку В и, направивши коллимаціонную плоскость на А, по сѣверному концу стрѣлки, отсчитать уголъ $n'Bb'$ (большій 180°), то этотъ уголъ, получаемый при обратномъ направленіи діоптровъ и называется обратнымъ азимутомъ линіи АВ.

По обратному азимуту можно опредѣлить прямой: стоитъ только изъ него вычесть 180° (если онъ больше 180°), или придать 180° (если обр. азим. меньше 180°). Въ самомъ дѣлѣ $\angle nAb = \angle n'Bb' - 180$, и наоборотъ $\angle n'Bb' = \angle nAb + 180^\circ$.

Задачи, рѣшаемыя на мѣстности съ помощью буссоли.

1) *Опредѣленіе величины угловъ; 2) Проведеніе параллельныхъ линій; 3) Проведеніе перпендикулярныхъ линій; 4) Буссольная съемка.*

1) *Опредѣленіе величины угловъ и нанесеніе ихъ на бумагу.* Пусть данъ на мѣстности $\angle ABC$ (черт. 156) требуется опредѣлить его величину. Для этого, поставивши буссоль въ точкѣ В, опредѣляютъ азимутъ линіи АВ, т. е., $\angle ABn$, и азимутъ ВС, $\angle nBC$. Очевидно, $\angle ABC = \angle nBC - \angle ABn$, т. е., величина угла равна разности азимутовъ его сторонъ.

Другой случай: пусть требуется опредѣлить величину угла АВС, составленнаго линіями АВ и ВС (черт. 157). Ставятъ буссоль въ вершину угла и, направивъ діоптры сначала на точку А, затѣмъ на точку С, опредѣляютъ азимуты линій АВ и ВС. Очевидно, опредѣляемый $\angle ABC$ равняется азимуту линіи ВС $+ 360^\circ$ безъ азимута линіи АВ.

2) *Проведеніе параллельныхъ линій.* Если требуется чрезъ данную точку К провести линію параллельно данной—АВ (черт. 158), то сначала ставятъ буссоль въ точкѣ А и отсчитываютъ азимутъ линіи АВ т. е., $\angle nAB$, пусть онъ $= 80^\circ$. Затѣмъ переходятъ въ точку К съ

буссолю и вращаютъ ее на оси до тѣхъ поръ, пока стрѣлка сѣвернымъ концомъ не укажетъ на 80^0 ; тогда по направленію діоптровъ провѣшиваютъ линію КС, которая и будетъ параллельна АВ (такъ какъ $n's' \parallel ns$ и $\angle n'КС = \angle nАВ$).

3) *Проведеніе перпендикулярныхъ линій.* Чтобы черезъ точку С (черт. 159) провѣшить линію перпендикулярную данной АВ, ставить буссоль въ какой нибудь точкѣ линіи АВ и опредѣляютъ ея азимуть $= \angle nАВ$, пусть онъ $= 70^0$; затѣмъ переносятъ буссоль въ точку С, гдѣ дадутъ діоптрамъ такое положеніе, чтобы сѣверный конецъ стрѣлки показывалъ $70^0 + 90^0 = 160^0$, или $270 + 70 = 340^0$; если по направленію діоптровъ провѣшить линію СN, то она будетъ перпендикулярна къ АВ.

Необходимо замѣтить, что при проведеніи, какъ перпендикулярныхъ, такъ и параллельныхъ линій, нѣтъ надобности, чтобы точки, чрезъ которыя таковыя проводятся, видны были изъ точекъ данной линіи. Способы эти наиболѣе употребительны при проложеніи въ лѣсахъ просѣкъ, между собою параллельныхъ или перпендикулярныхъ.

4) *Буссольная съемка.* Съемка буссолю производится нѣсколькими способами: а) способъ засѣчекъ, б) — изъ одной точки стоянія инструмента, или полярный способъ в) способъ обхода и д) — параллельныхъ линій.

а) *Способъ засѣчекъ* основывается на опредѣленіи по двумъ точкамъ третьей. Пусть (черт. 160) даны на мѣстности три точки А, В и С, требуется по точкамъ А и В опредѣлить С. Для рѣшенія этого вопроса ставятъ буссоль въ точкѣ А и, направивши діоптры на В, опредѣляютъ азимуть АВ; затѣмъ направляютъ діоптры на точку С узнаютъ азимуть линіи АС и переносятъ буссоль въ точку В, гдѣ опредѣляютъ азимуть линіи ВС.

Имѣя такія данныя и разстояніе отъ А до В, можно нанести точки А, В и С на бумагу, построеніемъ на линіи АВ, взятой въ масштабѣ, при точкѣ А азимута линіи АС и при В азимута линіи ВС, въ пересѣченіи направлений АС и ВС получится точка С.

Если почему либо нельзя поставить буссоль въ точкѣ В, то ее помѣщаютъ въ точкѣ С и опредѣляютъ азимуть СВ, т. е., $\angle n'СВ$, который будетъ обратнымъ азимутомъ той же линіи отъ точки В и равенъ $\angle n''ВС - 180^0$. Этотъ способъ опредѣленія третьей точки по двумъ даннымъ наз. обратной засѣчкой.

б) *Способъ съемки изъ одной точки стоянія инструмента или способъ полярный* состоитъ въ слѣдующемъ: Если участокъ небольшой и можно выбрать въ срединѣ его точку, изъ которой были бы видны всѣ точки окружной межи, и ничто не мѣшаетъ измѣренію ли-

ній, то въ выбранной точкѣ ставятъ буссоль, приводятъ лимбъ ея въ горизонтальное положеніе и, направивъ діоптры на точки А, В, С, D и Е, замѣчаютъ показаніе сѣвернаго конца стрѣлки, т. е., азимуты линий ОА, ОВ, ОС, ОD, ОЕ (черт. 161); линии эти измѣряются, а имѣя длину таковыхъ и азимуты легко можно нанести на планъ положеніе точекъ А, В, С, D и Е, слѣдов., и контуру ABCDE.

с) Способъ обхода. Буссоль послѣдовательно устанавливается въ точки А, В, С.... контуры ABCDE (черт. 162), причемъ опредѣляются азимуты линий АВ, ВС, CD, DE, EA; самыя линии во время съемки измѣряются. По найденнымъ азимутамъ и мѣрѣ линий снятая контура обычнымъ путемъ изображается на планѣ. Способъ этотъ примѣняется при съемкѣ пространствъ лѣса, кустарника, озеръ, болотъ; вообще тамъ, гдѣ примѣненіе предыдущихъ способовъ или невозможно или даетъ мало точные результаты.

Если границей служить кривая линія, то проводятъ рядъ вспомогательныхъ прямыхъ въблизи границы, такъ чтобы онѣ составили сомкнутую прямолинейную фигуру, которая и снимается обычнымъ путемъ, а всѣ изгибы граничныхъ линий наносятся съ помощью абциссъ и ординатъ.

Съемка параллельными линіями. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, напр., на мѣстности, покрытой лѣсомъ и кустарникомъ, подробности наносятся на планъ слѣдующимъ образомъ: все пространство, предполагаемое для съемки, разбиваютъ рядомъ параллельныхъ просѣкъ, проведенныхъ по направленію магнитнаго меридіана, или по принятому магнитному азимуту; промѣряютъ ихъ цѣпью и опредѣляютъ по нимъ всѣ встрѣчающіяся контуры угодій. Пусть дана контура ABCDEN (черт. 163), ограниченная рѣкою ABCDE и линіями AN и EN, требуется снять ее способомъ параллельныхъ линій.

Предварительно опредѣляютъ: на какомъ разстояніи и въ какомъ направленіи проводить параллельныя линіи. И то и другое обуславливается расположеніемъ внутреннихъ контуръ и точностью съемки: направленіе параллельныхъ линій дѣлается большею частью перпендикулярно теченію рѣки, а разстояніе ихъ одна отъ другой зависитъ отъ количества и расположенія внутреннихъ контуръ, подлежащихъ съемкѣ, а также и отъ точности, которая требуется при съемкѣ (20 — 50 — 100 саж.).

Чѣмъ больше внутреннихъ контуръ, чѣмъ ближе онѣ расположены и чѣмъ бѣольшая точность требуется отъ съемки—тѣмъ разстояніе дается меньшее и наоборотъ.

Въ натурѣ параллельныя линіи обозначаются просѣками, шириною въ полсажени и даже въ сажень, смотря по хозяйственнымъ соображеніямъ. Работа съемки производится слѣдующимъ образомъ: параллельно линіи

AN (черт. 163) проводятся линіи MS, PF, QL, RH, при помощи буссоли, на одинаковомъ другъ отъ друга разстояніи (50, 100, 200 саж.); по направленію этихъ линій дѣлаются просѣки. Каждую линію измѣряютъ и опредѣляютъ относительно ея положенія внутреннихъ контуръ, или промѣромъ или ординатами (причемъ, какъ вспомогательный инструментъ, служить эскеръ).

Берега рѣки опредѣляются при помощи ординатовъ, для чего вблизи береговъ проводятся магистральныя линіи AP, PD, DE. Всѣ эти данныя записываются въ абрисъ. Имѣя мѣру линій и азимуты и зная по абрису взаимную связь ихъ, можно начертить планъ данной мѣстности.

Повѣрка показаній магнитной стрѣлки. Если склоненіе стрѣлки измѣняется въ различныхъ точкахъ стоянія буссоли (т. е., она не имѣетъ параллельныхъ между собою направленій), то для уничтоженія погрѣшности, поступаютъ такъ: опредѣляютъ прямой азимутъ въ началѣ какой либо линіи и затѣмъ—обратный въ концѣ ея; обратный долженъ быть больше или меньше прямого на 180° . Если этого условія не существуетъ, а получится разниа не превышающая $15'$, то берутъ сумму обѣихъ показаній плюсъ или минусъ 180° и дѣлятъ пополамъ; полученная величина будетъ правильный азимутъ данной линіи. Въ случаѣ же разниа превыситъ точность буссоли $= 15'$, то слѣдуетъ провѣрить буссоль (см. повѣрка буссолей) и исправить ея недостатки.

Опредѣленіе склоненія стрѣлки. Такъ какъ межевыя планы суть акты, на которыхъ основаны права владѣнія и которые должны служить на столѣтія, склоненіе же стрѣлки измѣняется по времени, то слѣдоват., азимуты линій, по истеченіи нѣкотораго времени послѣ съемки, измѣнятся на столько, что по записаннымъ магнитнымъ азимутамъ на планѣ нельзя будетъ судить о направленіи линій. На этомъ то основаніи, межевыми законами постановлено, чтобы на межевыхъ планахъ и въ межевыхъ книгахъ, кромѣ записи магнитныхъ азимутовъ, было обозначено и склоненіе стрѣлки во время съемки. Каждому землемѣру предписывается опредѣлить предъ началомъ съемки существующее мѣстное склоненіе, чтобы въ случаѣ утери межевыхъ признаковъ, можно было по таковымъ даннымъ при помощи буссоли снова назначить утерянныя граничныя линіи на мѣстности. По важности этого предмета относительно межеванія, необходимо знать способы опредѣленія склоненія стрѣлки, не требующіе сложныхъ вычисленій.

Первый способъ состоитъ въ томъ, что сперва опредѣляется направление истиннаго меридіана и затѣмъ опредѣляется уголъ, составляемый осью магнитной стрѣлки съ истиннымъ меридіаномъ.

Направление истиннаго меридіана опредѣляется слѣдующимъ образомъ: выбираютъ мѣсто незакрываемое тѣнью окружающихъ предметовъ,

впаиваютъ столбъ, на которомъ утверждается въ горизонтальномъ положеніи гладко выструганная доска. На доскѣ описываютъ нѣсколько концентрическихъ круговъ (черт. 164), а въ центрѣ ихъ утверждаютъ вертикально (посредствомъ треугольника) остроконечный шпиль М дюйма 3—4 длины. Наблюденія производятся отъ 8-ми час. утра до 4-хъ дня. Тѣнь, падающая отъ шпенька будетъ уменьшаться отъ 8-ми час. утра до 12-ти дня, а отъ 12-ти час. до 4-хъ дня—увеличиваться; вершина тѣни будетъ находиться на окружностяхъ. И такъ, начиная съ 8-ми час. утра, тщательно отмѣчаютъ точки $a, b, c, d, \dots$ а по полудни — $a', c', b', a', \dots$ (на тѣхъ же самыхъ окружностяхъ). Дуги $aa', bb', cc', dd', \dots$ дѣлятъ пополамъ и, если точки дѣлений $A, B, C, D, \dots$ будутъ лежать по направленію одной прямой линіи, то тѣмъ повѣрится точность наблюденія и тогда прямая линія ABCD означитъ направленіе истиннаго меридіана; если же эти точки по соединеніи, составятъ ломанную линію, то проводятъ прямую посрединѣ, между этими точками, которую и принимаютъ за направленіе истиннаго меридіана.

По опредѣленіи направленія истиннаго меридіана, вынимаютъ шпиль и изъ произвольной точки линіи ABCD описываютъ дугу радіусомъ, равнымъ половинѣ стрѣлки, имѣющейся въ буссоли. Дугу эту, при помощи транспортира, дѣлятъ на градусы, въ центрѣ утверждаютъ вертикально небольшой остроконечный шпиль (напр., половину иглы—остриемъ вверхъ) и, надѣвъ на него магнитную стрѣлку, опредѣляютъ число градусовъ и минутъ въ углѣ, образуемомъ осью магнитной стрѣлки съ истиннымъ меридіаномъ т. е., иначе склоненіе стрѣлки западное или восточное, (смотря по тому, куда отклоняется сѣверный конецъ стрѣлки отъ линіи истиннаго меридіана).

Назначеніе линіи истиннаго меридіана по этому способу приноситъ на практикѣ болѣе пользы для повѣрки часовъ, чѣмъ для опредѣленія склоненія магнитной стрѣлки, такъ какъ съ какой бы тщательностью ни производили дѣйствія, рѣдко можетъ случиться, чтобы обошлось безъ ошибки въ направленіи истиннаго меридіана до градуса и болѣе.

Если, сверхъ того, принять во вниманіе тѣ ошибки, которыя происходятъ отъ неаккуратнаго утвержденія шпиля, отъ неточности дѣленій дуги на градусы и наконецъ, отъ отсчитыванія показанія стрѣлки, то сдѣлается понятнымъ, почему ошибку въ найденномъ склоненіи надобно предполагать больше одного градуса. При этомъ необходимо еще принять во вниманіе трудность утвержденія доски въ горизонтальномъ положеніи а также продолжительность времени наблюденія (отъ 8-ми час. утра до 4-хъ час. дня).

Второй способъ состоитъ въ слѣдующемъ: выбираютъ мѣсто возвышенное и открытое, чтобы кругъ видимаго горизонта былъ возможно

большій, на немъ ставятъ буссоль при восходѣ и закатѣ солнца, дѣлають направленія на діаметръ солнца, въ тотъ моментъ, когда оно краемъ касается горизонта и отсчитываютъ показаніе стрѣлки. Если показаніе, полученное утромъ, равняется показанію, полученному вечеромъ, то склоненія нѣтъ. Въ противномъ случаѣ, для опредѣленія склоненія, нужно взять полуразность обѣихъ показаній.

Если отсчитанное число градусовъ вечеромъ менѣе числа, отсчитаннаго утромъ, то склоненіе—западное, наоборотъ—восточное.

Пусть (черт. 165) NS направленіе истиннаго меридіана, *ns*—положеніе стрѣлки, AC лучъ зрѣнія, направленный на солнце при его заходженіи, а СВ—при восхожденіи. $\angle ACN = \angle NCB$. Отсчитанное число градусовъ вечеромъ выразить величину $\angle ACn$, а утромъ nCB ; искомое склоненіе $= \angle Ncn$. Чтобы опредѣлить чему равняется $\angle Ncn$, составляютъ слѣдующее равенство: $\angle ACn + \angle Ncn = \angle nCB - \angle Ncn$; $2 \angle Ncn = \angle nCB - \angle ACn$, откуда уголъ склоненія, т. е., $\angle Ncn = \frac{\angle nCB - \angle ACn}{2}$.

Описанный способъ очень простъ и точенъ; но если края видимаго горизонта, гдѣ всходитъ и заходитъ солнце ограничивается какими нибудь возвышенностями, значительно превышающими уровень точки наблюденія, то произойдетъ погрѣшность въ опредѣленіи склоненія.

Третій способъ опредѣленія склоненія магнитной стрѣлки, *Г. Волотова*. Выбирають мѣсто, удобное для наблюденія, ставятъ буссоль, направляютъ діоптры ея на діаметръ солнца въ моментъ восхода или заката и отсчитываютъ величину угла nCB (черт. 165). Очевидно, что склоненіе стрѣлки т. е., $\angle nCN$, въ данномъ случаѣ равняется разности угловъ nCB и NCB . Уголъ nCB есть магнитный азимутъ линіи СВ (направленія на діаметръ солнца), а уголъ NCB истинный азимутъ того же направленія. Слѣдовательно, если бы можно было опредѣлить $\angle NCB$, то, зная $\angle nCB$, по разности этихъ угловъ опредѣляется склоненіе. Причемъ, если $\angle nCB$ больше $\angle NCB$, то склоненіе—западное, наоборотъ—восточное.

Если извѣстна географическая широта мѣста, то, по составленнымъ тремъ таблицамъ, приведеннымъ ниже, легко опредѣлить склоненіе стрѣлки, такъ какъ уголъ NCB для каждаго мѣста въ опредѣленное время всегда одинаковъ.

Изъ I-й таблицы берется число, соотвѣтствующее дню наблюденія и складывается съ числомъ, взятымъ изъ II-й таблицы, соотвѣтствующимъ географической широтѣ мѣста наблюденія и наконецъ, въ III-й таблицѣ подыскивается число градусовъ и минутъ, соотвѣтствующее вы-

шеупомянутой суммѣ. Это число градусовъ и минутъ выразить величину угла NCB .

Наприм., пусть географическая широта даннаго мѣста $= 54^{\circ}11'$; наблюдение дѣлалось вечеромъ 21-го Мая; требуется опредѣлить истинный азимутъ направленія на діаметръ солнца въ моментъ заката.

Изъ первой таблицы въ столбцѣ „Май“ берутъ число 95778, соотвѣтствующее числу „21“; во второй таблицѣ въ столбцѣ „10“ (ближайшее къ 11') берутъ число 2325, соотвѣтствующее 54° широты. Числа 95778 и 2325 складываютъ, находятъ въ суммѣ 98103 и въ таблицѣ III-й приискываютъ: сколькимъ градусамъ и минутамъ соотвѣтствуетъ число 98103; оказывается, что 98103 соотвѣтствуетъ $49^{\circ}45'$.

Если бы въ третьей таблицѣ не оказалось числа, соотвѣтствующаго найденной суммѣ, то необходимо взять ближайшее большее, или меньшее и подыскивать соотвѣтствующее число градусовъ и минутъ даннаго направленія.

Пусть опредѣлили магнитный азимутъ направленія $= 44^{\circ}15'$; слѣдоват., склоненіе стрѣлки—западное $= 49^{\circ}45' - 44^{\circ}15' = 5^{\circ}30'$.

При опредѣленіи склоненія по этому способу соблюдаютъ слѣдующія правила:

1) Надобно наводить діонтры буссоли на діаметръ солнца въ тотъ моментъ, когда нижній край солнца отстоитъ отъ горизонта на разстояніи своего полудіаметра (при рѣзкомъ свѣтѣ наводятъ діонтры чрезъ законченное стекло).

2) Если наблюдение дѣлается утромъ, то изъ I-й таблицы берутъ число, соотвѣтствующее предшествующему дню (напр. утро 22-го числа приравнивается къ 21-му числу).

3) Географическая широта опредѣляется по подробной картѣ мѣстности (безъ большой ошибки можно принять 10 верстъ, равными 5-ти минутамъ широты).

4) Для повѣрки точности найденнаго склоненія необходимо сдѣлать нѣсколько наблюдений и изъ результатовъ взять среднее арифметическое.

ТАБЛИЦА I.

Дни мѣсяца.	Апрѣль.	Май.	Іюнь.	Іюль.	Августъ.
1	92026	95008	95962	95700	94014
2	92193	95063	95971	95671	93924
3	92352	95115	95979	95641	93830
4	92503	95166	95985	95610	93732
5	92648	95215	95991	95577	93632

Дни мѣсяца.	Апрѣль.	Май.	Іюнь.	Іюль.	Августъ.
6	92786	95262	95995	95543	93527
7	92920	95307	95998	95507	93419
8	93048	95352	95999	95470	93308
9	93172	95394	96000	95431	93191
10	93290	95434	95999	95390	93068
11	93404	95473	95998	95348	92942
12	93513	95511	95994	95304	92811
13	93619	95546	95990	95259	92676
14	93722	95581	95985	95212	92532
15	93821	95613	95978	95163	92384
16	93915	95645	95970	95113	92229
17	94007	95675	95961	95060	92067
18	94096	95703	95950	95006	91897
19	94181	95730	95939	94950	91719
20	94264	95756	95926	94892	91532
21	94344	95778	95912	94831	91334
22	94421	95803	95896	94769	91125
23	94495	95825	95880	94704	90907
24	94567	95845	95862	94637	90675
25	94637	95864	95843	94569	90428
26	94704	95882	95822	94498	90164
27	94769	95899	95800	94424	89881
28	94832	95915	95777	94347	89577
29	94893	95928	95753	94268	89250
30	94951	95940	95727	94186	88894
31	—	95952	—	94102	88504

Т А Б Л И Ц А II.

Шя- рога.	0'	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'	50'	55'
40 ⁰	1158	1163	1168	1173	1179	1184	1190	1195	1200	1206	1211	1217
41	1222	1228	1233	1239	1244	1250	1255	1261	1267	1272	1278	1284
42	1289	1295	1301	1306	1312	1318	1324	1329	1335	1341	1347	1353
43	1359	1365	1371	1377	1383	1388	1394	1400	1407	1412	1419	1425
44	1431	1437	1443	1449	1455	1461	1468	1474	1480	1486	1493	1499
45	1505	1511	1518	1524	1531	1537	1543	1550	1556	1563	1570	1576
46	1582	1589	1596	1602	1609	1615	1622	1629	1635	1642	1649	1655

Широта.	0'	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'	50'	55'
47°	1662	1669	1676	1683	1690	1696	1703	1710	1717	1724	1730	1738
48	1745	1752	1759	1766	1773	1780	1787	1795	1802	1809	1816	1823
49	1831	1838	1845	1852	1860	1867	1875	1882	1889	1897	1904	1912
50	1919	1927	1934	1942	1950	1957	1865	1973	1980	1988	1996	2003
51	2011	2019	2027	2035	2043	2051	2059	2067	2074	2082	2090	2099
52	2107	2115	2123	2131	2139	2147	2156	2164	2172	2180	2189	2197
53	2205	2214	2222	2231	2239	2248	2256	2265	2273	2282	2290	2299
54	2308	2317	2325	2334	2343	2352	2360	2368	2378	2387	2396	2405
55	2414	2423	2432	2441	2450	2459	2469	2478	2487	2496	2506	2515
56	2524	2533	2543	2553	2562	2572	2581	2591	2600	2610	2620	2629
57	2639	2649	2658	2668	2678	2688	2698	2708	2718	2728	2738	2748
58	2758	2768	2778	2788	2799	2809	2819	2829	2840	2850	2861	2871
59	2882	2892	2903	2913	2924	2935	2945	2956	2967	2978	2989	2999
60	3010	3021	3032	3043	3054	3065	3077	3088	3099	3110	3122	3133
61	3144	3156	3167	3179	3190	3202	3213	3225	3237	3248	3260	3272
62	3284	3296	3308	3320	3332	3344	3356	3368	3380	3393	3405	3417
63	3430	3442	3454	3467	3479	3492	3505	3517	3530	3543	3556	3569
64	3582	3595	3608	3621	3634	3647	3660	3673	3687	3700	3714	3727
65	3740	3754	3768	3781	3795	3809	3823	3837	3851	3865	3879	3893
66	3907	3921	3935	3950	3964	3979	3993	4008	4022	4037	4052	4066

Т А Б Л И Ц А III.

Углы.	0'	15'	30'	45'	Углы.	0'	15'	30'	45'
0°	—	100000	99999	99999	11°	99919	99916	99912	99908
1	99999	99999	99998	99998	12	99904	99900	99896	99892
2	99997	99997	99996	99995	13	99887	99883	99878	99874
3	99994	99993	99992	99991	14	99869	99864	99859	99854
4	99989	99988	99987	99985	15	99849	99844	99839	99834
5	99983	99982	99980	99978	16	99828	99823	99817	99812
6	99976	99974	99972	99970	17	99806	99800	99794	99788
7	99967	99965	99963	99960	18	99782	99776	99770	99763
8	99958	99955	99952	99949	19	99757	99750	99743	99737
9	99946	99943	99940	99937	20	99730	99723	99716	99708
10	99933	99930	99927	99923	21	99701	99694	99687	99679

Углы.	0'	15'	30'	45'	Углы.	0'	15'	30'	45'
22°	99672	99664	99656	99648	56°	97476	97447	97419	97390
23	99640	99632	99624	99616	57	97361	97332	97302	97272
24	99607	99599	99590	99582	58	97242	97212	97181	97150
25	99573	99564	99555	99546	59	97118	97087	97055	97022
26	99537	99527	99518	99508	60	96990	96957	96923	96890
27	99499	99489	99479	99469	61	96856	96821	96787	96752
28	99459	99449	99439	99429	62	96716	96680	96644	96608
29	99418	99408	99397	99386	63	96571	96535	96495	96457
30	99375	99364	99353	99342	64	96418	96379	96340	96300
31	99331	99319	99308	99296	65	96260	96219	96177	96135
32	99284	99272	99260	99248	66	96093	96050	96007	95963
33	99236	99224	99211	99198	67	95919	95874	95828	95782
34	99186	99173	99160	99147	68	95736	95689	95641	95592
35	99134	99120	99106	99093	69	95543	95494	95443	95392
36	99080	99066	99052	99038	70	95341	95288	95235	95181
37	99023	99009	98995	98980	71	95126	95071	95015	94958
38	98965	98950	98935	98920	72	94899	94841	94781	94721
39	98905	98890	98874	98858	73	94659	94597	94533	94469
40	98843	98827	98811	98794	74	94403	94337	94269	94200
41	98778	98761	98745	98728	75	94130	94059	93986	93912
42	98711	98694	98676	98659	76	93837	93760	93682	93602
43	98641	98624	98606	98588	77	93521	93438	93353	93267
44	98569	98551	98532	98514	78	93179	93089	92997	92802
45	98495	98476	98457	98427	79	92806	92707	92606	92503
46	98418	98398	98378	98358	80	92397	92288	92176	92061
47	98338	98317	98297	98276	81	91943	91822	91697	91568
48	98255	98234	98213	98191	82	91436	91298	91157	91011
49	98169	98147	98125	98103	83	90859	90702	90539	90369
50	98081	98058	98035	98012	84	90192	90008	89816	89614
51	97989	97965	97942	97918	85	89403	89118	88946	88699
52	97893	97869	97844	97820	86	88436	88156	87857	87535
53	97795	97769	97744	97718	87	87188	86810	86397	85939
54	97692	97666	97640	97613	88	85428	84849	84179	83388
55	97586	97559	97531	97504	89	82419	81169	79408	76398

Буссоль употребляется въ хозяйственной съемкѣ, когда не требуется особенной точности и необходима скорость: напр., при глазомерной съемкѣ, когда по плану достаточно составить понятие о данной мѣстности,

не входя при этомъ въ подробности относительно точнаго распредѣленія предметовъ; или когда составленъ граничный планъ какой нибудь дачи и требуется назначить на немъ вѣ контуры и внутренніе предметы въ ней находящіеся. Въ такихъ случаяхъ буссоль, по своей несложности, предпочитается всѣмъ другимъ угломернымъ инструментамъ.

Если бы буссоль употреблена была въ хозяйственной съемкѣ главныхъ точекъ контуры, то всегда нужно рассчитывать на значительныя погрѣшности, такъ какъ направленіе магнитной стрѣлки подвержено различнымъ измѣненіямъ, которыхъ нельзя предвидѣть. Въ большинствѣ случаевъ буссоль примѣняется въ съемкахъ какъ вспомогательный инструментъ.

У р о в е н ь.

Уровнемъ называется приборъ, служащій для приведенія линій и плоскостей въ горизонтальное положеніе, а также и для опредѣленія небольшихъ уклоновъ линій отъ горизонтальнаго и отвѣснаго положенія.

Простѣйшій изъ уровней есть *ватерпасъ*. Онъ состоитъ изъ бруса АВ, къ которому прикрѣплены два меньшіе бруска *ac* и *bc* одинаковой длины, составляющіе съ АВ равнобедренный треугольникъ; они скрѣплены между собою перекладиною *de* (черт. 166). Въ вершинѣ С треугольника закрѣплена нить съ отвѣсомъ, которая должна совмѣщаться съ чертой *p* на перекладинѣ *de* и тогда нижняя плоскость бруса АВ будетъ горизонтальна (такъ какъ *Ср* перпендикулярна АВ).

Повѣрка: вѣрно ли назначена линія *p* на ватерпасѣ, производится слѣдующимъ образомъ: вколачиваютъ въ землю два кола М и N, ставятъ на нихъ ватерпасъ концами А и В и замѣчаютъ положеніе нити *Ст* на брусѣ *de*. Затѣмъ переставляютъ ватерпасъ, чтобы конецъ А пришелся на мѣстѣ В и замѣчаютъ положеніе нити *Ст*; разстояніе *xx'* дѣлятъ пополамъ, черта *p* должна придти на срединѣ *xx'*.

Въ то время, когда нить съ отвѣсомъ будетъ проходить черезъ черту *p*, нижняя сторона бруса АВ, какъ перпендикулярная къ ней, будетъ горизонтальна.

Если къ подобнаго рода ватерпасу вмѣсто бруска *de* прикрѣпить дугу, раздѣленную на градусы, то имъ можно опредѣлять углы наклоненія линій къ горизонту. Нуль дѣленій на дугѣ этой долженъ стоять на чертѣ *p* и дѣленія располагаются по обѣ стороны нуля.

Пусть требуется (черт. 167) опредѣлить уголъ наклоненія линіи МН къ горизонту, т. е., $\angle \text{HMS}$.

Поставивъ ватерпасъ по линіи МН, замѣчаютъ дѣленіе дуги, совпадающее съ нитью отвѣса — это и будетъ величина угла наклоненія

данной линіи къ горизонту такъ какъ $\angle OCD = \angle HMS$, какъ углы съ перпендикулярными сторонами. Точность опредѣленія величины угловъ этимъ инструментомъ, весьма небольшая: $1^0 - 2^0 - 3^0$, смотря по величинѣ радіуса дуги.

Трудно бываетъ установить ватернасъ такъ, чтобы на всемъ протяженіи линіи МН, линія АВ была бы параллельна линіи МН. Ватернасъ съ дугой называютъ *клитометромъ* или *горнымъ уровнемъ*.

Уровень съ пузырькомъ есть стеклянный сосудъ круглой, или цилиндрической формы, оправленный въ мѣдь; онъ наполняется виннымъ спиртомъ, или сѣрнистымъ эфиромъ настолько, что въ немъ остается небольшое безвоздушное пространство, наполняющееся парами жидкости. Для приготовленія уровня берутъ подобный сосудъ, наливаютъ въ него при обыкновенной температурѣ спирта или эфира недополна и нагрѣваютъ; жидкость, нагрѣваясь, заполнить весь сосудъ, который и закупориваютъ герметически. При охлажденіи жидкости, въ сосудѣ образуется безвоздушное пространство, заполненное парами жидкости, оно имѣетъ видъ пузырька и будетъ занимать всегда наивысшее мѣсто въ сосудѣ.

Изъ уровней съ пузырькомъ наиболѣе употребителенъ *цилиндрический уровень*. Сосудъ цилиндрической формы помѣщается въ мѣдную оправу съ продолговатымъ сверху вырѣзомъ, для наблюденія положенія пузырька. Внутренняя поверхность уровня дѣлается кривою; продольный разрѣзъ уровня также представляетъ дугу круга, описаннаго очень большимъ радіусомъ. Кривая внутренняя поверхность дѣлается затѣмъ, чтобы, при горизонтальномъ положеніи, пузырекъ занималъ средину трубки; кривая, продольнаго сѣченія, служитъ для опредѣленія небольшихъ угловъ наклоненія.

Форму сосуда цилиндрическаго уровня можно представить себѣ такимъ образомъ: возьмемъ дугу круга *ab* (черт. 169), имѣющаго большой радіусъ и вообразимъ, что она вращается около линіи НН', параллельной ея хордѣ, путь, описанный дугой *ab* представитъ форму цилиндрическаго уровня. Линіи сѣченія въ продольномъ направленіи чрезъ НН' будутъ кривыя, похожія на эллипсы; въ поперечномъ же направленіи линіи сѣченія — круги различныхъ радіусовъ. Линія НН' называется осью уровня.

Уровни утверждаются или на особыхъ подставкахъ или укрѣпляются на различныхъ инструментахъ.

Въ томъ и другомъ случаѣ устройство ихъ позволяетъ измѣнять положеніе оси уровня къ нижней линіи прикрѣпленія, или плоскости подставки.

Достигается это слѣдующимъ путемъ (черт. 168): одинъ конецъ уровня можетъ вращаться какъ на шарнирѣ въ вертикальной плоскости

Ат, а другой прикрѣпленъ къ подставкѣ винтомъ Сн, которымъ можно поднимать и опускать ось уровня. Уголь наклоненія оси уровня измѣряется дугою, заключенной между серединой трубки и серединой пузыряка.

Пусть АОВ дуга продольнаго сѣченія уровня (черт. 170) АВ — ось его. Въ то время, когда пузырекъ О занимаетъ средину трубки, ось АВ—горизонтальна.

Если переѣстить ось уровня по той же дугѣ въ положеніе А'В', то пузырекъ станетъ опять въ наивысшей точкѣ, но уже не на срединѣ трубки, а отойдетъ отъ нея на нѣкоторую дугу ОО'. Ось уровня А'В' теперь не будетъ горизонтальна, а составитъ съ горизонтальной линіей А'Н уголь В'А'Н. Такъ какъ $\angle В'А'Н = \angle О'СО$ (какъ углы съ перпендикулярными сторонами), а уг. $О'СО$ измѣряется дугою О'О, слѣдов., $\angle В'А'Н$ измѣряется тою же дугою (т. е., дугою заключенной между серединой пузыряка и серединой трубки).

Уровень тѣмъ замѣтнѣе показываетъ весьма малыя уклоненія своей оси отъ горизонтальнаго положенія, чѣмъ большій радіусъ имѣетъ дуга продольнаго сѣченія. Если дугу АОВ раздѣлить на градусы и минуты, причеъ нуль помѣститъ на срединѣ трубки, то, поставивъ уровень на какой либо наклонной линіи, или плоскости, легко по положенію пузыряка опредѣлить степень—наклоненія оси уровня, или уголь наклоненія данной линіи (или плоскости) къ горизонту.

Въ уровнѣ, служащемъ для измѣренія небольшихъ угловъ наклоненія линій и плоскостей къ горизонту, дуга продольнаго сѣченія раздѣлена на части, соотвѣтствующія нѣсколькимъ минутамъ. Нуль дѣленій ставится на срединѣ трубки, а отъ него вправо и влѣво нанесены дѣленія.

Пусть линія АВ (черт. 171) наклонена къ горизонту; требуется опредѣлить уголь ея наклоненія.

Для этой цѣли ставятъ уровень такъ, чтобы ось его совпадала съ линіей АВ, или была ей параллельна, пузырекъ уровня, при этомъ, отойдетъ отъ $О^0$ на нѣкоторую дугу и середина пузыряка придется, положимъ, на 30-мъ дѣленіи. Если каждое дѣленіе равняется 10-ти минутамъ, то уголь наклоненія, въ данномъ случаѣ $ВАН = 10' \cdot 30 = 5^0$.

Уровни прикрѣпляются къ подставкѣ или къ инструментамъ, при которыхъ они употребляются какъ вспомогательный снарядъ. Для того чтобы при помощи уровня приводить линіи и плоскости въ горизонтальное положеніе, необходимо слѣдующее условіе: *ось уровня должна быть параллельна нижней плоскости подставки.*

Повѣрка этого условія производится слѣдующимъ образомъ: уровень ставится на какую нибудь плоскость и измѣненіемъ положенія ея приводятъ пузырекъ на средину трубки (т. е., ставятъ ось уровня въ го-

ризонтакльное положене). Затѣмъ переставляютъ уровень такъ, чтобы одинъ конецъ его пришелся на мѣсто другого и смотрятъ: совпадаетъ ли середина пузыря съ серединой трубки; если совпадаетъ, то ось уровня параллельна нижней плоскости подставки; если же, при перестановкѣ, середина пузыря отошла отъ середины трубки, то, для приведенія оси уровня въ параллельное положеніе относительно нижней плоскости подставки, опускаютъ или поднимаютъ одинъ изъ концовъ уровня настолько, чтобы середина пузыря заняла средину дуги отклоненія (т. е., дуги, заключенной между серединой пузыря и серединой трубки). Сказанное объясняется чертежомъ 172-мъ. Пусть *amnb* — уровень, *mn* — его ось, *ab* — нижняя плоскость подставки. Для провѣрки, плоскость АВ поднимаютъ или опускаютъ до тѣхъ поръ, пока въ уровнѣ *amnb* середина пузыря займетъ средину трубки, при чемъ ось уровня *mn* будетъ горизонтальна. Затѣмъ переставляютъ уровень такъ, чтобы конецъ *b* перешелъ на мѣсто конца *a*; тогда, если ось уровня *mn* не параллельна нижней плоскости подставки, она не будетъ горизонтальна, отклонится отъ прежняго положенія на нѣкоторый уголъ *m'on*, измѣряющійся дугой, заключенной между серединой пузыря и серединой трубки.

Такъ какъ $\angle m'on = \angle oAB + \angle oBA$ (какъ внѣшній относительно треугольника АОВ), треугольникъ АОВ равнобедренный ($\angle oAB = \angle oBA$), то слѣдоват., $\angle m'on = 2 \angle oAB$.

И такъ, чтобы провести линію параллельную АВ, нужно $\angle m'on$ раздѣлить пополамъ и линія дѣленія НН' будетъ параллельна АВ или, что все равно, — *ab*, такъ какъ $\angle H'on' = \angle oAB$.

Слѣдовательно, для приведенія оси уровня въ положеніе параллельное нижней плоскости подставки, необходимо дугу отклоненія раздѣлить пополамъ и на точку дѣленія перевести средину пузыря.

Ноніусъ и теорія его.

Для отложенія линій на бумагѣ употребляется масштабъ; для измѣренія и отложенія угловъ на бумагѣ служитъ транспортиръ; при измѣреніи угловъ на мѣстности, болѣе совершенные угломѣрные инструменты имѣютъ лимбъ, окружность котораго раздѣлена на градусы и полуграды. Но во всѣхъ этихъ инструментахъ точность не велика, такъ напр.: при помощи транспортира можно откладывать углы съ точностью до 15'—10' и то уже на глазъ.

Для болѣе точнаго измѣренія и отложенія угловъ и линій служитъ приборъ назыв. *ноніусъ* или *верньеръ* (по имени изобрѣтателей *Нуннеца* и *Вернье*.)

Устраивается ноніусъ такъ: берутъ какую нибудь линію или дугу, содержащую нѣсколько равныхъ дѣленій масштаба или лимба, и дѣлятъ на части, число которыхъ единицею болѣе или менѣе противъ того, сколь-

ко было взято для составленія нониуса. Чрезъ это устройство нониусъ можно, придѣлавъ къ масштабу или лимбу, измѣрять линіи и углы до желаемой степени точности, не дѣлая на масштабѣ или лимбѣ мелкихъ раздѣленій.

Пусть АВ (черт. 173) представляетъ линію или дугу въ нѣсколь-ко дѣленій масштаба, или лимба; ab —линейка нониуса $= АВ$. Раздѣлимъ ab въ 1-мъ случаѣ на единицу больше числа дѣленій АВ, а во 2-мъ случаѣ—на единицу меньше; тогда увидимъ, что съ помощью нониуса можно опредѣлять величину до такихъ мелкихъ дѣленій—на сколько одно дѣленіе масштаба или лимба Т больше или меньше дѣленія нониуса t . Разность между однимъ дѣленіемъ лимба или масштаба и дѣленіемъ нониуса, называется точностью нониуса.

Чтобы опредѣлить степень точности нониуса, или — величину того мелкаго дѣленія, до котораго возможно получать результаты измѣрен-ныхъ линій и угловъ, означимъ одно дѣленіе масштаба или лимба черезъ Т, а дѣленіе нониуса чрезъ t ; число дѣленій, взятыхъ съ масштаба, или лимба, пусть будетъ $= n$; по этому въ нониусѣ число дѣленій въ первомъ случаѣ $= n+1$, во второмъ случаѣ $= n-1$.

1-й случай. Такъ какъ $AB=ab$; $AB=Tn$; $ab=t(n+1)$; слѣ-доват., $T.n=t(n+1)$ (I); отсюда $t = \frac{T.n}{n+1}$ (II); раскрывши скоб-ки въ уравненіи (I) получимъ $T.n = tn + t$, раздѣлимъ на n обѣ части равенства, получимъ: $T = t + \frac{t}{n}$ или $T - t = \frac{t}{n}$ (III); подставимъ въ формулу (III), во вторую ея часть, вмѣсто t — величину соотвѣтствующую ему изъ уравненія (II) т. е., $\frac{T.n}{n+1}$; получимъ $T - t = \frac{T.n}{(n+1)n} = \frac{T}{n+1}$ т. е., точность нониуса $T - t$ равняется дѣленію лимба или масштаба, раздѣлен-ному на число дѣленій нониуса.

2-й случай. $AB=T.n$; $ab=t(n-1)$ и $T.n=t(n-1)$ (I) отсюда $t = \frac{T.n}{n-1}$ (II). Раскрывши скобки въ уравненіи (I) получимъ: $T.n = t.n - t$; $T = t - \frac{t}{n}$; $t - T = \frac{t}{n}$ (III); подставимъ вмѣсто t въ уравненіи (III) величину $\frac{T.n}{(n-1)}$ изъ уравненія (II) по-лучимъ: $t - T = \frac{T.n}{(n-1)n} = \frac{T}{n-1}$ т. е., тоже самое, что и въ первомъ случаѣ: точность нониуса $T - t$, или $t - T$ равняется од-ному дѣленію лимба, или масштаба, раздѣленному на число дѣленій нониуса.

Отсчитываніе показаній ноніуса. *Показаніемъ* ноніуса называется величина, отсчитываемая при помощи ноніуса. Она равняется точности ноніуса, помноженной на число дѣленій его отъ нуля до совпадающаго дѣленія съ дѣленіемъ лимба.

Пусть (черт. 174) требуется измѣрить линію *Ad*, которая состоитъ изъ 23 полныхъ дѣленій масштаба, или линіи *AC* и еще какой то величины *Cd*. Величина *Cd* опредѣляется по ноніусу такимъ образомъ: смотря, какое дѣленіе ноніуса совпадаетъ съ дѣленіемъ масштаба; на чертежѣ 15-е. Если масштабъ раздѣленъ на десятыя доли дюйма, ноніусъ имѣетъ 20 дѣленій, то точность его $= T - t$ или $t - T = 0,1 : 20 = \frac{1}{200}$ дюйма, а показаніе ноніуса $= \frac{1}{200} \cdot 15 = \frac{15}{200}$ дюйма.

Задача. Построить ноніусъ, если требуется при помощи транспорта измѣрять углы съ точностью до 5', а полуокружность или окружность транспорта раздѣлена на градусы. Такъ какъ точность ноніуса $T - t$, или $t - T$ равна дѣленію транспорта, раздѣленному на число дѣленій ноніуса т. е., $T - t = \frac{T}{n+1}$, и $t - T = \frac{T}{n-1}$, то $n + 1 = \frac{T}{T-t}$ и $n - 1 = \frac{T}{t-T}$. На основаніи этихъ выводовъ опредѣляютъ, что число дѣленій ноніуса должно равняться $\frac{1^\circ}{5'} = \frac{60'}{5'} = 12$. Слѣдовательно, для устройства его нужно взять 11 или 13 дѣленій дуги транспорта ($n + 1$) или ($n - 1$).

Устроивши такимъ образомъ ноніусъ, можно опредѣлять углы съ точностью до 5'. При очень мелкихъ дѣленіяхъ ноніуса слѣдуетъ во время отсчитыванія вооружиться лупой.

Дѣленія ноніуса наносятся отъ нуля или въ одну сторону, или въ обѣ. То дѣленіе, при которомъ стоитъ нуль, называется показателемъ или индексомъ.

А с т р о л я б і я.

Астролябія принадлежитъ къ числу наиболѣе употребительныхъ въ Россіи углоизмѣрительныхъ инструментовъ.

Устройство ея основано на геометрическихъ началахъ измѣренія угловъ дугами круга, выраженныхъ въ градусахъ. Помощью астролябіи можно измѣрять углы въ горизонтальной, наклонной и даже вертикальной плоскостяхъ (если употребляется астролябія на баксѣ).

Астролябія (черт. 175) состоитъ изъ мѣднаго круга или *лимба* QR цѣльнаго или съ вырѣзами (для легкости); діаметръ его отъ 6-ти до 12-ти дюймовъ. Лимбъ раздѣленъ на градусы; надписи ихъ идутъ отъ 0° до 360° . По концамъ діаметра, проходящаго чрезъ 0° и 180° , къ лимбу прикрѣплены винтами два діоптра А и В, называемые *неподвижными*; каждый изъ нихъ можетъ служить и глазнымъ и предметнымъ. Въ центрѣ лимба прикрѣплена линейка CD съ буссолью, или *алидада*, вращающаяся вмѣстѣ съ буссолью около вертикальной оси. Устройство буссоли въ астролябіи общее всѣмъ буссолямъ (надписи градусовъ на лимбѣ буссоли расположена отъ 0° до 90° и отъ 90° до 0°). Къ концамъ алидады прикрѣплены два діоптра С и D, называемые подвижными; каждый изъ нихъ можетъ служить и глазнымъ и предметнымъ діоптромъ. Къ одному или къ обоимъ концамъ алидады прикрѣпляется ноніусъ К. Нуль ноніуса расположенъ по направленію коллимаціонной плоскости, проходящей чрезъ подвижные діоптры.

Снизу лимба прикрѣплена трубка О, которою инструментъ надѣвается на цилиндръ *p* штатива. Цилиндръ *p* оканчивается яблокомъ, помѣщающимся въ соответствующемъ гнѣздѣ баксы Q (черт. 176). Нажимательный винтъ *z* служитъ для приведенія лимба въ неподвижное положеніе. Посредствомъ винта R лимбъ приводится въ горизонтальное положеніе. Бакса Q оканчивается снизу трубкою S, которою надѣвается на цилиндръ треножника съ тремя ножками N, N, N, прикрѣпленными къ ней винтами.

Болѣе совершенное устройство штатива слѣдующее: трубка лимба О (черт. 175 и 177) надѣвается на стержень штатива *x* и стягивается кольцомъ *z* при помощи нажимательнаго винта *p*. Подъ кольцомъ Z цилиндръ *x* дѣлится на три вѣтви Т, Т; сквозь каждую вѣтвь Т проходитъ подъемный винтъ Н, Н, упирающійся въ доску G штатива (боковымъ винтомъ *a* можно уничтожить мертвый ходъ подъемнаго винта).

Цилиндръ *x* въ нижней части имѣетъ шарообразное гнѣздо, въ которое входитъ болтъ *v* верхней своей частью, имѣющей видъ шара. Болтъ *v* проходитъ сквозь доску G штатива и имѣетъ внизу винтовую нарѣзку, на которую навинчивается гайка N. Болтъ *v* называется становымъ винтомъ, онъ служитъ для прикрѣпленія инструмента къ треножнику. Кромѣ описанныхъ частей необходимо упомянуть еще о микрометрическомъ винтѣ *w*, помощью котораго, по закрѣпленіи лимба нажимательнымъ винтомъ *p*, можно сообщать весьма малое движеніе неподвижнымъ діоптрамъ.

Ко дну буссоли или къ лимбу астролябіи (снизу) прикрѣпляются одинъ или два уровня, служащихъ для приведенія плоскости лимба въ горизонтальное положеніе.

Углы, составленные линиями на мѣстности, опредѣляются астролябіей слѣдующимъ образомъ: пусть (черт. 178) данъ уголъ АОВ, величину котораго требуется опредѣлить; устанавливаютъ для этого астролябію въ вершинѣ угла О, чтобы центръ лимба былъ на одной отвѣсной линіи съ точкой О; приводятъ лимбъ въ горизонтальное положеніе и неподвижные діоптры *ab* направляютъ на сторону ОВ; закрѣпляютъ нажимаемый винтъ и наводятъ подвижные діоптры *cd* на АО; дуга *db* выразитъ градусную величину угла АОВ.

Повѣрка астролябіи. Отъ вѣрной астролябіи требуется соблюденіе нѣсколькихъ условій.

1) *Лимбъ долженъ быть устанавливаемъ въ горизонтальномъ положеніи.* Если нѣтъ уровня, то приведеніе въ горизонтальное положеніе производится при помощи стрѣлки буссоли, уклоняя лимбъ подъемными винтами въ одну и другую сторону, пока стрѣлка не приметъ горизонтальнаго положенія. Если же есть уровень, то предварительно приводятъ ось уровня въ положеніе параллельное нижней плоскости подставки (см. объ уровняхъ); затѣмъ, провѣривъ въ этомъ отношеніи уровень, ставятъ его по направленію одной пары подъемныхъ винтовъ и приводятъ ими средину пузырька на средину трубки; переставляютъ его по направленію другой пары винтовъ, или по направленію третьяго и становаго (если винтовъ подъемныхъ—3) и также приводятъ средину пузырька на средину трубки. Дѣйствіе это повторяется нѣсколько разъ, пока, при вращеніи лимба около его оси, вездѣ пузырекъ будетъ находиться на срединѣ трубки.

Если имѣется два уровня, то они расположены перпендикулярно другъ къ другу; (такъ что, если одинъ поставить по направленію одной пары подъемныхъ винтовъ, то другой будетъ находиться по направленію другой пары, или третьяго и становаго).

Приводить лимбъ въ горизонтальное положеніе необходимо потому, что опредѣляются величины не самыхъ угловъ, а ихъ горизонтальныхъ проекцій.

2) *Коллимаціонныя плоскости, проходящія чрезъ ось пары діоптровъ, должны быть перпендикулярны плоскости лимба.* Повѣрка этого условія производится такъ: устанавливаютъ астролябію въ какойнибудь точкѣ мѣстности, приводятъ лимбъ въ горизонтальное положеніе и направляютъ неподвижные діоптры на какуюнибудь отвѣсную линію (уголъ зданія, отвѣсъ); если волосокъ предметнаго діоптра совпадаетъ на всемъ своемъ протяженіи съ отвѣсной линіей, то условіе выполнено; если же нѣтъ, то измѣняютъ положеніе коллимаціонной плоскости,

подложивши, напр., бумаги между лимбомъ и основаніемъ діоптра. Точно также провѣряютъ и подвижные діоптры.

3) *Совпадаетъ-ли коллимаціонная плоскость неподвижныхъ діоптровъ съ діаметромъ, проходящимъ чрезъ 0° и 180° .* Повѣрка: направляютъ неподвижные діоптры на какой нибудь предметъ; затѣмъ ихъ отвинчиваютъ на дѣленія 0° и 180° , прикрѣпляютъ воскомъ вертикально булавки и чрезъ нихъ визируютъ. Если линія визирования чрезъ булавки совпадетъ съ замѣченной точкой на предметѣ, то условіе выполнено. Въ противномъ случаѣ нужно замѣтить число градусовъ или минутъ отклоненія и, или прибавлять, или отнимать отъ величины отсчитываемыхъ угловъ замѣченную погрѣшность.

4) *Вращается ли алидада въ центръ лимба.* При центральномъ положеніи алидады, углы, получаемые пересѣченіемъ коллимаціонныхъ плоскостей обоихъ діоптровъ, должны быть стягиваемы одинаковыми дугами (центральные углы). Пусть (черт. 179) АВ — неподвижные діоптры, CD — подвижные, О — центръ лимба. При центральномъ положеніи алидады дуга $AC = DB$. Пусть, теперь, алидада занимаетъ положеніе $C'D'$ (вращается не въ центрѣ), тогда уголъ $D'O'B$ равный углу $AO'C'$ измѣняется полусуммой дугъ $D'B$ и AC' . (Дуги $D'B$ и AC' не будутъ равны). И такъ, для повѣрки этого условія, берутъ какой нибудь уголъ и отсчитываютъ по лимбу его величину съ одной и другой стороны; если показанія одинаковы, то условіе выполнено. Въ противномъ случаѣ, для вѣрнаго опредѣленія величины угла нужно взять полусумму обѣихъ показаній. Вообще, при опредѣленіи угловъ астроліабей, всегда слѣдуетъ брать два показанія величины угла для повѣрки астроліабическихъ отсчитываній.

5) *Дѣленія лимба должны быть вѣрны.* Для повѣрки берутъ въ отверстіе ножекъ 5—6 дѣленій лимба и переставляютъ циркуль чрезъ одно дѣленіе по всей окружности лимба; если вездѣ въ отверстіе ножекъ циркуля будетъ входить взятое число дѣленій, то условіе выполнено. Въ противномъ случаѣ, замѣтивши мѣсто неправильныхъ дѣленій, избѣгаютъ его и работаютъ только подвижными діоптрами.

6) *Нуль ноніуса долженъ совпадать съ нулемъ лимба въ то время, когда коллимаціонныя плоскости подвижныхъ и неподвижныхъ діоптровъ совмѣщаются.* Повѣрка: совмѣщаютъ коллимаціонныя плоскости обоихъ діоптровъ и смотрятъ: совпадаетъ-ли нуль ноніуса съ нулемъ лимба. При совпаденіи — условіе выполнено; въ противномъ случаѣ замѣчаютъ отклоненіе нуля дѣленій ноніуса отъ нуля лимба и всегда на эту величину (коллимаціонная погрѣшность) увеличиваютъ или уменьшаютъ отсчитываемый уголъ, смотря по тому — въ какую сторону отклонится нуль ноніуса отъ нуля лимба.

Астролябическая буссоль повѣряется точно такимъ же образомъ, какъ вообще буссоли. Надписи на днѣ коробки—N, O, S, W не имѣютъ практическаго примѣненія.

При опредѣленіи очень острыхъ, или очень тупыхъ угловъ можетъ случиться, что одни діоптры закрываютъ другіе. Въ такомъ случаѣ примѣняютъ слѣдующій способъ опредѣленія: пусть дано два угла, ABC острый и DEF тупой (черт. 180). Для опредѣленія величины того и другого, выбираютъ въ сторонѣ точки K и M; величину острого угла ABC узнаютъ, опредѣливши величину угловъ ABK и CBK и взявши разность ихъ, а величина тупаго $DEF = DEM + MEF$. Этотъ способъ двойнаго опредѣленія величины угловъ очень полезенъ для повѣрки отсчитыванія по лимбу.

Буссоль при астролябіи служить для опредѣленія румбическихъ угловъ линій на мѣстности, чтобы измѣренный астролябическій уголъ не нанести въ сторону противоположную, а также, чтобы можно было по межевому плану возобновить истребившіеся межевые знаки.

Для опредѣленія величины румбическаго угла какой нибудь линіи, необходимо подвижные діоптры направить по этой линіи и затѣмъ — смотрѣть: какой конецъ стрѣлки ближе къ предметному діоптру и въ какую сторону уклоняется линія отъ этого конца. Пусть сѣверный конецъ ближе къ предметному діоптру и линія уклоняется ^{въправо} ~~вълѣво~~; слѣдов., румбъ линіи NO; по лимбу буссоли отсчитываютъ число градусовъ и минутъ (послѣднее на глазъ) на которые указываетъ стрѣлка и записываютъ такъ—NO : m^0 .

Въ нѣкоторыхъ буссоляхъ при астролябіяхъ лимбы имѣютъ двойную надпись дѣленій для румбовъ и для азимутовъ. Но и не имѣя двойной надписи, можно по кругу ея переводить, по мѣрѣ надобности, румбы въ азимуты и обратно.

Пусть (черт. 181) $\angle NPA$ —румбъ линіи PA—NO, азимутъ ея—дуга a равенъ румбу; уголъ SPB—румбъ линіи PB—SO, азимутъ ея—дуга $b = 180^0$ безъ румба; $\angle SPC$ —румбъ линіи PC—SW, азимутъ этой линіи—дуга $c = 180 +$ румбъ, $\angle DPN$ —румбъ линіи DP—NW, азимутъ ея $= 360^0$ безъ румба (дуга e). Обратно, азимуты можно переводить въ румбы такимъ образомъ: если азимутъ линіи менѣе 90^0 , то румбъ ея NO—равенъ азимуту (дуга a); если азимутъ больше 90^0 , но меньше 180^0 , то румбъ SO равенъ 180^0 безъ азимута; если азимутъ болѣе 180^0 , но меньше 270^0 , то румбъ SW равенъ азимуту безъ 180 и, наконецъ, когда азимутъ больше 270^0 , то румбъ NW $= 360^0$ безъ азимута.

М е ж е в а н і е.

Астролябія употребляется у насъ въ Россіи преимущественно передъ всѣми прочими угломѣрными инструментами при производствѣ граничной съемки, имѣющей цѣлью опредѣлять на планѣ однѣ только границы владѣнія, безъ обозначенія подробностей мѣстности, такъ чтобы по такому плану можно было постановить границы въ натурѣ. Такое постановленіе и утвержденіе границъ между владѣніями называется межеваніемъ. Въ Сводѣ Межевыхъ Законовъ, помѣщенныхъ въ X-мъ томѣ въ 3-й части, значится, что „цѣль межеванія состоитъ въ томъ, чтобы а) *привести въ извѣстность земли, принадлежащія казнѣ, разнымъ вѣдомствамъ и частнымъ лицамъ и б) постановить правильныя и безспорныя границы поземельнаго владѣнія и тѣмъ утвердить спокойствіе владѣльцевъ*“. Границы, отдѣляющія одно владѣніе отъ другаго, обозначаются въ натурѣ межевыми знаками, т. е., *межами, ямами и столбами*.

Межею или межникомъ назыв. узкая полоса земли, отдѣляющая одно владѣніе отъ другаго. Межники дѣлаются на городской межѣ отъ уѣздныхъ земель и на межахъ между разными уѣздами шириною въ 3 саж., на становой межѣ въ $1\frac{1}{2}$ саж., на границахъ казенныхъ, удѣльныхъ и владѣльческихъ земель—въ 1 саж. Если межа пролегаетъ по лѣсу, то дѣлаются просѣки, соблюдая такой же размѣръ.

На межникахъ вырываются *ямы* квадратной формы, на городской межѣ шириною въ $2\frac{1}{2}$, а глубиною въ 2 саж.; на становой межѣ—шириною въ 2, а глубиною въ $1\frac{1}{2}$ саж.; между разными удѣльными и владѣльческими—шириною въ $1\frac{1}{2}$ саж. и глубиною въ 1 саж. На починномъ пунктѣ каждой межуемой дачи вырывается по двѣ ямы: одна на сторонѣ одного владѣнія, а другая напротивъ ея, на сторонѣ смежнаго владѣнія. На каждомъ поворотѣ межи яма вырывается на межникѣ, въ разстояніи одной сажени отъ вершины угла, образуемаго межниками. Если межа простирается по направленію прямой линіи болѣе полуверсты, то ямы копаются черезъ каждыя 250 саж. Въ межевыя ямы кладутся уголь и камни; въ починную яму по 5 камней, а въ прочія по три, такой величины, чтобы каждый изъ нихъ одинъ человекъ только съ трудомъ могъ поднять съ мѣста. Въ мѣстахъ, затопляемыхъ во время разлитія рѣкъ, наполняютъ межевыя ямы камнями и потомъ, засыпавъ ихъ землею, покрываютъ дерномъ въ видѣ кургана, вышиною въ 2 арш. Если же по причинѣ каменистаго грунта почвы, нельзя выкопать яму опредѣленной глубины, то вырываютъ насколько можно, затѣмъ дно ямы покрываютъ углями, насыпаютъ сверхъ ихъ слой камней съ

землей, перекладывая их также углями и, наконецъ, покрываютъ иму дерномъ, чтобы она имѣла видъ кургана.

На поворотѣ межниковъ ставятся деревянные *столбы*, вышиною въ 3 арш. и вкапываются въ землю на 1 арш. глубины. На каждомъ столбѣ вырубается по двѣ грани, изъ которыхъ одна обращена назадъ, а другая впередъ по межѣ; на граняхъ выжигается государственный гербъ. Въ степяхъ и безлѣсныхъ мѣстахъ дозволяется, вмѣсто деревянныхъ столбовъ, ставить каменные и даже, вмѣсто этихъ послѣднихъ, вырывать трехъугольныя ямы такой же глубины, какъ межевыя, и шириною во всѣ стороны въ одну сажень. Въ каменные столбы (или кирпичные) вкладывается доска съ изображеніемъ государственнаго герба. На участкахъ дачъ, заключающихъ въ себѣ площадь, меньше десятины, ямъ не роютъ и столбовъ не ставятъ, а объѣзжаютъ ихъ сохами по три раза.

На спорныхъ межахъ до ихъ утвержденія ставятъ столбы кругомъ обожженные.

По утвержденіи межи владѣльцы обязуются подпиской сберегать въ цѣлости межевые знаки и ежегодно прочищать прорубленныя просѣки.

Предъ началомъ работы землемѣръ долженъ провѣрить астролябію и цѣпь и заготовить требуемое число кольевъ и межевыхъ столбовъ.

Владѣльцы, земли которыхъ межуются, должны или сами при съемкѣ находиться или прислать отъ себя повѣренныхъ (казенныя земли—депутатовъ).

Повѣренные должны имѣть письменную довѣренность, которая совершается домашнимъ порядкомъ, но пишется на гербовой бумагѣ и подписывается самимъ довѣрителемъ и двумя свидѣтелями.

При самомъ началѣ межеванія землемѣръ долженъ потребовать отъ владѣльцевъ, или ихъ повѣренныхъ сказки о томъ: 1) кто съ кѣмъ полюбовно разошлись, или въ то же время развестись пожелаютъ; 2) чрезъ какія урочища хотятъ провести межи*).

Въ 1765-мъ году при Екатеринѣ II-й было произведено въ Европейской Россіи въ первый разъ межеваніе земли. Въ указѣ объ этомъ межеваніи, получившемъ названіе „*Генеральнаго Межеванія*“, было сказано, что „обмежеваніе предпринимается съ цѣлью приведенія въ извѣстность всѣхъ земель государства и постановленія границъ владѣній.“ При этомъ земля обмежевывалась, не обращая вниманія на то,

*) Подробное постановленіе о межеваніи см. въ „Сводѣ Межевыхъ законовъ“ Х-й т., ч. 3-я.

принадлежалъ ли извѣстный участокъ ея одному владѣльцу или нѣсколькимъ. Составленные планы генеральнаго межеванія были представлены въ Государственный Архивъ, копіи же съ нихъ вручены владѣльцамъ. Къ каждой копіи прилагался еще документъ, называемый „*сказкою*“, съ обозначеніемъ количества и качества земли владѣльца; оба эти документа—копія и сказка, служили юридическимъ актомъ на владѣніе землею. Современемъ земли дробились между владѣльцами все больше и больше и, такимъ образомъ, явилось чрезполосное владѣніе. Въ 1839-мъ году вѣлѣдствіе постоянныхъ просьбъ владѣльцевъ, желавшихъ хоть сколько нибудь разобраться въ образовавшейся путаницѣ чрезполоснаго владѣнія и привести въ извѣстность съ постановленіемъ точныхъ границъ свои владѣнія, послѣдовалъ указъ объ открытіи *спеціальнаго межеванія*. Это межеваніе имѣло своей задачей, соединить въ одно цѣлое всѣ земли, принадлежащія каждому владѣльцу. При этомъ, такъ какъ прежнее генеральное межеваніе произведено не во всѣхъ мѣстностяхъ, то желающимъ размежеваться было предоставлено право, въ этихъ мѣстностяхъ просить о томъ присутственное мѣсто; тогда владѣльцамъ назначался землемѣръ, но только на ихъ счетъ, поэтому и межеваніе такое названо *коштнымъ*.

Послѣ предварительныхъ замѣчаній о межеваніи, имѣющихъ впрочемъ больше историческое значеніе, приступимъ къ описанію самаго межеванія, какъ оно производится.

Межеваніе начинается съ городской земли, а потомъ переходитъ къ землямъ владѣльцевъ. Кромѣ владѣльцевъ или ихъ повѣренныхъ (депутатовъ) при межеваніи должны присутствовать понятые, или сторонніе люди, въ качествѣ свидѣтелей при межеваніи. Для этого обыкновенно изъ смежныхъ селъ и деревень призывается 12 человѣкъ пожилыхъ крестьянъ, которые приводятся къ присягѣ. При межеваніи ведется полевой журналъ, который, по окончаніи съемки, подписывается самимъ съемщикомъ, владѣльцами и понятыми.

Межеваніе начинается съ съемки границъ города. Прежде всего опредѣляютъ P , площадь города, приравнивая ее $P = \Pi R^2$, откуда $R = \sqrt{\frac{P}{\Pi}}$; къ городу прирѣзываютъ во всѣ стороны по двѣ версты выгонной земли, поэтому площадь всей городской земли будетъ $= \Pi (R + 1000)^2$. Если во всѣ стороны не будетъ выгонной земли, то она можетъ быть отмежевана въ одну сторону. За починный пунктъ выбираютъ точку, которая опредѣлялась бы какимъ нибудь естественнымъ признакомъ, напр., вблизи большого оврага, изгиба рѣки, при пересѣченіи дорогъ и т. под. У починнаго пункта роютъ двѣ ямы: одну по

правую сторону линіи, другую—по лѣвую. За вторую точку выбираютъ такую, которая тоже опредѣлялась бы какимъ нибудь постояннымъ предметомъ, напр. дѣлають визированіе на крестъ колокольни и т. под.

Когда городская земля и выгоны будутъ обмежеваны, то приступаютъ къ межеванію прилегающихъ къ городу различныхъ владѣній, переходя отъ одного къ другому, пока не дойдутъ до границы уѣзда.

Такого рода межеваніе называется *межеваніемъ циркульнаго порядка*.

Когда съемка кончена, то производившій ее землемѣръ по записаннымъ даннымъ въ полевомъ журналѣ и еще въ такъ называемой межевой книгѣ (это есть, такъ сказать, дневникъ съемки, въ которомъ записывается все, что происходило при съемкѣ и имѣло къ ней какое либо отношеніе) составляетъ межевой планъ. По одну сторону плана слѣдуетъ написать: сколько во владѣніи находится пахатной земли и угодій, выставляя противъ cadaго рода земель соотвѣтствующее число десятинъ и квадратныхъ сажень, а съ другой стороны контуры оставить мѣсто для рукоприкладства всѣхъ бывшихъ при съемкѣ. Верхній край плана долженъ соотвѣтствовать сѣверу, т. е. магнитный меридіанъ долженъ быть параллеленъ боковому краю листа.

Внутреннія подробности должны быть означены Высочайше утвержденными знаками. На специальныхъ планахъ должно означить межевые знаки и при всѣхъ поворотахъ межи выставлять число градусовъ румбическихъ угловъ. Составленный планъ представляется для утвержденія государственной печатью и затѣмъ подлинникъ оставляется въ Государственномъ Архивѣ, а копія вмѣстѣ съ описаніемъ качества и количества земли („сказки“) вручается владѣльцу.

Производство межевой съемки.

Производство граничной или межевой съемки состоитъ: 1) въ измѣреніи цѣпью длины межниковъ; 2) въ опредѣленіи угловъ, образуемыхъ ими и 3) въ нанесеніи на планъ измѣренныхъ линій и угловъ по принятымъ правиламъ.

Пусть (черт. 182) многоугольникъ ABCDEF представляетъ снимаемую дачу, не имѣющую никакихъ межевыхъ знаковъ. Дѣйствіе съемки начинаютъ, по предъидущему, выборомъ починнаго пункта А. На этой точкѣ ставятъ астролябію такъ, чтобы центръ лимба приходился отвѣсно надъ точкой на мѣстности. Приводятъ лимбъ въ горизонтальное поло-

женіе, провѣшиваютъ линію АВ до поворота границы точки В. Потомъ наводятъ подвижные діоптры на эту точку и опредѣляютъ румбическій уголъ линіи АВ. Снявъ астролябію, въ точкѣ А вкапываютъ столбъ и по обѣ его стороны вырываютъ двѣ ямы. Послѣ этого измѣряютъ длину линіи АВ цѣпью и при измѣреніи назначаютъ ее на абрисѣ, (чертежъ, сдѣланный во время съемки отъ руки). На немъ записываютъ величины румбическихъ и астролябическихъ угловъ, длину межниковъ и всѣ встрѣчающіеся предметы мѣстности при промѣриваніи этихъ межниковъ.

Если межа идетъ близъ естественнаго рубежа, представляющаго кривую или изогнутую линію, напр., берега озера, рѣки, ручья и т. под., то на абрисѣ записываютъ длину ординатъ и самое очертаніе кривой линіи границы; записываются также всѣ признаки данной мѣстности по линіямъ съемки, напр.: „на 20-й саж. линія пересѣкается дорогой“ „на 50-й саж.—начало моховаго болота, которое идетъ до 98-й сажени;“ „на 110-й начало луга“ и т. д. Дойдя до точки В, устанавливаютъ въ ней астролябію, наводятъ неподвижные діоптры на точку А, а подвижные—по направленію слѣдующей линіи ВС; получится величина астролябическаго угла АВС, отсчитанная по лимбу и ноніусу, и величина румбическаго угла линіи ВС по положенію магнитной стрѣлки и подвижныхъ діоптровъ. Записавъ опредѣленные величины въ межевомъ журналѣ (о которомъ будетъ рѣчь впереди) повѣряютъ вычисленіемъ по полученному астролябическому углу румбическіе углы линій АВ и ВС и, если окажется погрѣшность, то румбы слѣдуетъ опредѣлять вновь. Потомъ въ точкѣ В ставятъ межевой столбъ и въ разстояніи одной сажени отъ В, по межику, выкапываютъ яму. Измѣряютъ цѣпью линію ВС и, перейдя съ астролябіей въ точку С, опредѣляютъ астролябическій уголъ ВСD и румбическій уголъ линіи CD. Такимъ образомъ продолжаютъ съемку, пока не примкнутъ къ починному пункту.

По чертежу видно, что положеніе точки D нельзя опредѣлить промѣромъ линіи CD, такъ какъ существуетъ препятствіе—рѣка. Въ этомъ случаѣ проще всего опредѣлить румбъ вспомогательной линіи CE и длину ея, а затѣмъ, зная румбы линій CD и DE, можно получить на планѣ точку D. (Способъ опредѣленія по двумъ точкамъ третьей, или способъ „засѣчки“).

Если граница снимаемой дачи примыкаетъ къ естественному рубежу, какъ напр. береговая линія PQ, то, для опредѣленія таковой, проводятъ приблизительно параллельно ей въ недалекомъ разстояніи вспомогательную (магистральную) линію АВ и, при помощи ординатъ, опредѣляютъ положеніе кривой. Подобныя магистральныя линіи обозначаются и на планѣ, а на мѣстности въ крайнихъ точкахъ ихъ вкапываютъ

столбы и роютъ ямы, въ межевомъ же журналѣ упоминають, что межа идетъ по естественной границѣ и столбы вкопаны на такомъ то разстояніи отъ предыдущаго угла.

Когда мѣстность по направленію граничныхъ линій будетъ покрыта лѣсомъ, то по линіи межниковъ АВ, ВС, CD и пр. прорубають просѣки: сперва такой ширины, чтобы только опредѣлялось направленіе линій, и потомъ, если провѣшенная линія выйдетъ на тотъ пунктъ, на который ей и слѣдовало выйти, то разширяють просѣкъ до извѣстной мѣры, постановленной межевymi законами.

При межевой съемкѣ нужно держаться слѣдующихъ общихъ правилъ: а) дѣйствія межеванія направляются такъ, чтобы снимаемая дача находилась съ правой стороны съемщика; б) на каждомъ пунктѣ румбическіе углы необходимо повѣрять астролябическими, и встрѣтившіяся ошибки исправлять немедленно; в) линіи тщательно провѣшивать и измѣрять, при чемъ опредѣлять и записывать также углы наклоненія тѣхъ линій, которыя лежатъ на покатосяхъ; г) опредѣленные углы и линіи записывать въ межевомъ журналѣ, въ которомъ нужно описать всѣ естественные признаки починнаго пункта; е) на одномъ изъ граничныхъ пунктовъ опредѣлить съ наивозможной точностью уголъ склоненія магнитной стрѣлки и ф) соблюдать всѣ прочія правила, установленныя межевymi инструкціями.

Составленіе межевого плана.

При межевой съемкѣ ведется *полевой журналъ*, въ которомъ описываются: 1) всѣ дѣйствія землемера при межеваніи; 2) признаки, по которымъ можно опредѣлить положеніе дачи; 3) время, когда производилось межеваніе; 4) въ какой губерніи и въ какомъ уѣздѣ; 5) какія смежныя владѣнія граничатъ съ дачей и 6) признаки по линіямъ границъ слѣдующимъ образомъ: „по линіи такой-то, пройдя 70 саж. направо отъ линіи, находится лѣсъ владѣнія такого-то, а направо лугъ владѣнія такого-то; лугъ и лѣсъ простираются до конца линіи, длина которой 307 саж.“ и т. д.

По окончаніи дня полевой работы, землемеръ подписываетъ журналъ по листамъ, а также и присутствующіе при межеваніи владѣльцы межуемой и смежныхъ дачъ, или ихъ повѣренные, и узаконенное число понятыхъ.

Кромѣ показаннаго полевого журнала ведется еще такъ называемый межевой журналъ, въ которомъ записываются измѣренныя величины линій и угловъ. Цѣль составленія межевого журнала та, чтобы съ него безъ затрудненія можно было нанести снятую контуру на планъ.

Форма межевого журнала — слѣдующая:

„Межевой журналъ, составленный въ 1873 г. Августа 8-го дня, при обходѣ окружной границы дачи С.-Петербургской губерніи, Гдовскаго уѣзда, с. Варопаева.

Названіе или № то- чекъ.	Румбическіе углы.	Астроля- бич. углы.	Мѣра линій.	Смежныя земли.	Примѣчанія.
I — A	SW:69° 0'	156°			При обходѣ границы найде- но склоненіе стрѣлки запад- ное = 4°.
II — B	NW:30°30'	99°30'	240	Земля с. Прихо- дина.	
III — C	NO:65° 0'	84°30'	307		
IV — D	SO:27°10'	92°10'	502	Владѣніе наслѣдни- ковъ К. А. Плисова.	
V — E	SO:56°30'	150°25'	648		
VI — F	SW:45° 0'	78°35'	210	Земля купца А. Иванова.	

и т. д.

Повѣрка астролябическихъ угловъ румбическими.

При производствѣ межевой съемки, прежде нанесенія снятой кон-
туры на планъ, необходимо, во избѣжаніе ошибокъ, сдѣлать слѣдующія
повѣрки: 1) повѣрять астролябическіе углы румбическими, или по
извѣстнымъ румбамъ вычислять величину астролябическихъ угловъ и 2)
сумму внутреннихъ астролябическихъ угловъ многоугольника сравнить съ
таковою же, согласно геометрическому условію; т. е., будетъ ли она равна
180°, взятымъ столько разъ, какъ велико число сторонъ фигуры безъ
двухъ. (Теор. сумма внутреннихъ угловъ всякаго многоугольника = $2d$.
($n - 2$)).

1) Сравненіе астролябическихъ угловъ съ румбическими произво-
дится, на основаніи нижеслѣдующаго, такимъ образомъ:

а) Если румбы двухъ смежныхъ линий (черт. 183) будутъ
NO и SO, или NW и SW, то, въ обоихъ случаяхъ, астроля-
бическій уголъ равенъ суммѣ румбическихъ:

Румбъ AB — NO = $\angle nAB$, румбъ BC — SO = $s'BC$; $\angle ABC =$
 $\angle ABs' + \angle s'BC$, но уголъ $ABs' = \angle nAB$; слѣдоват., $\angle ABC =$
 $\angle nAB + \angle s'BC$.

б) Если румбы двухъ смежныхъ линий будутъ NO и SW,
или SO и NW, то, въ обоихъ случаяхъ, астролябическій уголъ
равенъ разности румбическихъ угловъ.

Пусть (черт. 184) румбъ линіи AB — NO и линіи BC — SW;
астролябическій уголъ $ABC = \angle ABs' - \angle CBs'$; $\angle CBs'$ есть

румбъ линіи BC, а уголь $ABs' = \angle nAB =$ румбу линіи AB, слѣдоват., $\angle ABC = \angle nAB$ (румбу линіи AB) безъ угла CBs' (румба линіи BC). Точно также астролябическій уголь $A'B'C'$, (составленный двумя линіями: $A'B'$, имѣющей румбъ SO и $B'C'$ — румбъ NW) $= \angle C'B'N' = \angle A'B'N'$; но $\angle A'B'N' = \angle SA'B'$, слѣдоват., $\angle A'B'C' = \angle C'B'N'$ (румбу линіи $B'C'$) безъ угла $SA'B'$ (румба линіи $A'B'$).

е) Если румбы линій будутъ NO и NW, или SO и SW, то въ обоихъ случаяхъ, астролябическій уголь равенъ 180° безъ суммы румбическихъ угловъ (черт. 185):

Пусть линія AB (румбъ NW) и линія AC (румбъ NO) составляютъ уголь BAC; $\angle BAC = 180^\circ - \angle BAN' - \angle CAS' = 180^\circ - (\angle BAN' + \angle CAS')$; но уголь $CAS' = \angle ACN$, слѣдоват., $\angle BAC = 180^\circ - (\angle BAN' + \angle ACN)$, или астролябическій уголь BAC $= 180^\circ$ безъ суммы румбовъ линій AB и AC.

Точно также, $\angle B'A'C' = 180^\circ - (\angle B'A'N' + \angle C'A'S')$; но $\angle B'A'N' = \angle SB'A'$, слѣдоват., $\angle B'A'C' = 180^\circ - \angle SB'A'$ (румбъ линіи $A'B'$) — $C'A'S'$ (румбъ линіи $A'C'$).

е) Если румбы двухъ смежныхъ линій будутъ одинаковы, т. е., NO и NO, NW и NW, SO и SO, SW и SW, то астролябическій уголь равенъ 180° безъ разности румбовъ:

Пусть линіи AB и BC (черт. 186) имѣютъ одинаковые румбы — NO и составляютъ астролябическій уголь $ABC = 180^\circ - \angle CBM$; но уголь $CBM = \angle NBM - \angle NBC$, а уголь $NBM = \angle N'AB$, слѣдоват., $\angle ABC = 180^\circ - (\angle N'AB - \angle NBC)$, т. е., астролябическій уголь ABC равенъ 180° безъ разности румбовъ.

Такимъ образомъ изъ выведенныхъ случаевъ повѣрки астролябическихъ угловъ румбическими получается:

При румбахъ:	NO и SO; NW и SW	NO и SW; SO и NW	NO и NW; SO и SW	NO и NO; NW и NW; SO и SO; SW и SW
Астролябическій уголь равенъ:	Суммѣ румбовъ.	Разности румбовъ.	180° безъ суммы румбовъ.	180° безъ разности румбовъ.

Зная зависимость величины астролябическихъ угловъ отъ румбовъ, можно производить повѣрку астролябическихъ угловъ румбическими и обратно, а также можно по одному румбическому и всѣмъ астролябическимъ вычислить величину остальныхъ румбическихъ угловъ и наоборотъ:

по одному астролябическому углу и всѣмъ румбическимъ вычислить остальные астролябическіе углы.

Напр., (черт. 187) даны: линія АВ, имѣющая румбъ $NO:44^{\circ}15'$ и линія ВС — $Rm = SO:35^{\circ}30'$; онѣ составляютъ астролябическій уголъ АВС, который по вышеизложенному долженъ равняться суммѣ румбовъ; слѣдоват., $\angle ABC = 44^{\circ}15' + 35^{\circ}30' = 79^{\circ}45'$. Если и на самомъ дѣлѣ, при измѣреніи астролябіей, получится такая величина, то астролябическій уголъ измѣренъ точно (впрочемъ, по причинѣ неточнаго отсчитыванія румбовъ по буссоли, допускается погрѣшность въ $15''$).

2) Для проверки астролябическихъ угловъ геометрическимъ путемъ, сравниваютъ сумму измѣренныхъ астролябическихъ угловъ съ суммою угловъ многоугольника, найденной согласно геометрической теоремѣ $= 180^{\circ} \cdot (n - 2)$.

Пусть черт. 188 представляетъ граничную межу снятой дачи, имѣющей видъ шестиугольника ABCDEF; сумма угловъ этой фигуры $= \angle A + \angle B + \angle C + \angle D + \angle E + \angle F = 100^{\circ}30' + 85^{\circ}15' + 94^{\circ}12' + 205^{\circ}40' + 96^{\circ}25' + 137^{\circ}50' = 719^{\circ}52'$.

По геометрическому же условію—сумма внутреннихъ угловъ шестиугольника $= 2d \ (6-2) = 180^{\circ} \cdot 4 = 720^{\circ}$.

Разница между первымъ и вторымъ вычисленіемъ $= 720^{\circ} - 719^{\circ}52' = 8'$; она получилась вслѣдствіе недостаточной точности инструмента, не строгой отчетливости визирования, отъ не тщательнаго отсчитыванія по нониусу и отъ многихъ случайныхъ причинъ.

Можно считать, что опредѣляя каждый уголъ, мы дѣлаемъ нѣкую ошибку, потому что полученная разница въ $8'$ есть сумма всѣхъ ошибокъ, дѣлаемыхъ при опредѣленіи угловъ. Для исправленія этой погрѣшности необходимо $8'$ распределить по всѣмъ угламъ поровну, чтобы сумма ихъ сдѣлалась равною 720° . Раздѣливъ $8'$ на 6, получимъ $1'20''$; слѣдовательно, каждый уголъ должно увеличить на $1'20''$. Увеличеніе на $20''$ и неудобно и невозможно по транспортиру; поэтому поступаютъ такъ: четыре угла увеличиваютъ каждый на $1'$, а къ двумъ остальнымъ прибавляютъ по $2'$; послѣдніе выбираютъ такіе, которые составлены болѣе короткими линіями, потому что отклоненіе на $1'$ будетъ менѣ замѣтно въ углахъ съ болѣе короткими сторонами, чѣмъ съ длинными.

И такъ, по исправленіи погрѣшности, имѣемъ:

$$\begin{aligned} \angle A &= 100^{\circ}30' + 1' = 100^{\circ}31' \\ \angle B &= 85^{\circ}15' + 1' = 85^{\circ}16' \\ \angle C &= 94^{\circ}12' + 1' = 94^{\circ}13' \\ \angle D &= 205^{\circ}40' + 2' = 205^{\circ}42' \\ \angle E &= 96^{\circ}25' + 2' = 96^{\circ}27' \\ \angle F &= 137^{\circ}50' + 1' = 137^{\circ}51' \end{aligned}$$

$$\text{Сумма} = 720^{\circ}.$$

Вообще сумма астролябическихъ угловъ сомкнутой контуры $= 180^\circ (n-2) \pm tn \pm S$, гдѣ n —число сторонъ, t —точность инструмента (ноніуса), S —сумма случайныхъ погрѣшностей. Допускаемая погрѣшность на сумму всѣхъ астролябическихъ угловъ не должна быть больше точности ноніуса, помноженной на число угловъ. Такъ напр., если точность ноніуса одна минута, то въ шестиугольникѣ допускается максимальная погрѣшность $= 6'$.

Пантометръ простѣйшаго устройства.

Онъ представляетъ комбинацію астролябіи и цилиндрическаго эккера (черт. 189): состоитъ изъ двухъ цилиндровъ M и A и буссоли Q . Нижний цилиндръ A на верхнемъ обрѣзѣ своемъ имѣетъ градусныя дѣленія, расположенныя отъ 0° до 360° . По направленію діаметра, проходящаго чрезъ 0° и 180° , прорѣзаны два діоптра: глазной и предметный —они называются неподвижными. Ко дну цилиндра A прикрѣпляется цилиндрическая трубка z , которою инструментъ надѣвается на штативъ или коль K . Сквозь дно нижняго цилиндра и внутри его проходитъ микрометрическій винтъ v до верхняго цилиндра M ; посредствомъ винта v цилиндръ M вращается по окружности цилиндра A . По нижнему обрѣзу цилиндра M расположены два ноіуса; индексы ихъ діаметрально противоположны. Верхній цилиндръ M есть ничто иное, какъ цилиндрическій эккеръ. Одна изъ коллимаціонныхъ плоскостей его совпадаетъ съ діаметромъ соединяющимъ индексы ноіусовъ. Буссоль Q —обыкновеннаго устройства съ дѣленіями на лимбѣ отъ 0° до 360° , или отъ 0° до 90° и отъ 90° до 0° (для азимутовъ или румбовъ). Вертикальная плоскость, проведенная черезъ діаметръ 0° и 180° дѣленій буссоли, должна проходить и чрезъ діаметръ, соединяющій индексы ноіусовъ.

Отъ вѣрнаго пантометра требуется соблюденіе слѣдующихъ условій: 1) дѣленія лимба и верньеровъ должны быть вѣрны, 2) коллимаціонныя плоскости діоптровъ должны быть перпендикулярны къ плоскости лимба, 3) коллимаціонныя плоскости подвижныхъ и неподвижныхъ діоптровъ должны совпадать въ то время, когда нули ноіуса и лимба совмѣщены.

4) Коллимаціонныя плоскости подвижныхъ діоптровъ должны совпадать съ діаметромъ, проходящимъ чрезъ 0° и 180° дѣленія буссоли.

Повѣрки всѣхъ этихъ условій таковыя же, какъ и при астролябіи.

5) Коллимаціонныя плоскости подвижныхъ діоптровъ должны быть взаимно перпендикулярны (повѣрка какъ и въ цилиндрическомъ эккерѣ).

6) *Буссоль при нитометрѣ повѣряется такъ же, какъ и всякая другая* (отд. „Буссоли“).

Съемка внутреннихъ контуръ угломѣрными инструментами.

Для изображенія на планѣ подробностей при значительной поверхности дачи необходимо опредѣлить на мѣстности главные точки, дѣлая между которыми промѣры цѣпью, удобно было бы наносить относительно ихъ границы внутреннихъ контуръ на планѣ. Опредѣленіе точекъ, находящихся внутри дачи, возможно при открытой мѣстности нижеслѣдующими способами. 1) *Черезъ составленіе треугольницъ* (способъ засѣчекъ).

Если мѣстность не вездѣ открыта, а пересекается перелѣсками и препятствіями, то употребляютъ 2-й способъ съемки—*промѣрами діагоналей*, проводимыхъ съ одного пункта границы до другого.

3-й способъ съ помощью *вспомогательныхъ или магистральныхъ линій*, проектируемыхъ на мѣстности въ произвольныхъ направленіяхъ, сообразно измѣненію направленія границъ внутреннихъ контуръ.

4-й способъ въ мѣстахъ лѣсныхъ *разбиваютъ мѣстность на полосы и квадраты рядами параллельныхъ линій*.

1) *Треугольницей вообще называется рядъ треугольниковъ, построенныхъ на бумагѣ, соответственно подобными такимъ же треугольникамъ на мѣстности, образующимся черезъ соединеніе опредѣленныхъ точекъ линіями*. Для составленія треугольницъ выбираютъ на томъ пространствѣ, которое предполагается для съемки внутреннихъ контуръ, точки на мѣстахъ возвышенныхъ и открытых и означаютъ ихъ вертикально поставленными вѣхами; каждая три точки, соединенныя линіями, образующими треугольникъ, должны быть видны одна изъ другой. Затѣмъ, по возможности въ срединѣ участка, избираютъ мѣстность ровную, не пересеченную препятствіями, для линіи основанія или *базиса*. Длина базиса зависитъ отъ величины участка и масштаба съемки. Базисъ тщательно вымѣряютъ раза два или три и изъ этихъ измѣреній берутъ среднее. Треугольничная съѣмка снимается слѣдующимъ образомъ: пусть (черт. 190) дана дача ABCDEFG, внутреннія контуры которой требуется опредѣлить треугольницей. Сначала выбираютъ базисъ MN и точки треугольницъ 1, 2, 3, 4, 5.....; затѣмъ, поставивши астролябію въ точку M, направляютъ неподвижные діоптры по MN (ориентируютъ по MN), а подвижные направляютъ на точки 1-ю, 2-ю, 3-ю и т. д. при чемъ опредѣляютъ углы: 1. MN, 2. MN и т. д. Сдѣлавъ направленія на всѣ точки треугольницъ, видныя изъ

точки М, переходятъ съ инструментомъ въ точку N и отсюда точно также, ориентировавши неподвижные дионтры по MN, направляютъ подвижные на всѣ точки, видныя изъ N. Всѣ эти данныя записываются въ абрисѣ, гдѣ отъ руки набрасывается треангуляціонная сѣть. Зная положеніе базиса относительно окружной межи и величину астролябическихъ угловъ, составленныхъ линіей базиса съ каждымъ направленіемъ на точки треангуляціи, легко всѣ точки треангуляціи нанести на бумагу. Линіи треангуляціи служатъ для опредѣленія внутреннихъ контуръ: по нимъ идутъ съ эккеромъ и цѣпью измѣряютъ перпендикуляры, опущенные изъ точекъ изгибовъ внутреннихъ контуръ, и абциссы.

Треангуляціонный способъ употребляется предпочтительно въ тѣхъ случаяхъ, когда мѣстность участка открытая и имѣетъ значительныя неровности. Такъ какъ составленные треугольники получаются въ горизонтальной проекціи, то слѣдов., и контуры внутри каждого треугольника будутъ сниматься въ горизонтальной проекціи.

Если невозможно изъ точекъ базиса опредѣлить засѣчкою всѣ выбранныя точки треангуляціи, то оставшіяся неопредѣленными можно получить засѣчкою изъ другихъ уже опредѣленныхъ точекъ, напр., 4-я, 5-я, 6-я.

(Способъ съемки внутреннихъ контуръ будетъ подробнѣе рассмотрѣнъ въ отд. съемки мензулой).

2) Если мѣстность не представляетъ значительныхъ неровностей, то внутреннія контуры можно снять посредствомъ *діагоналей*, соединяющихъ какой либо пунктъ границы съ другими. Напр., для съемки внутрен. контуръ въ дачѣ ABCDEFGH (черт. 191) провѣшиваютъ діагонали BF и BE и опредѣляютъ ихъ румбы. Измѣряя по нимъ, наносятъ прилегающія къ нимъ границы внутреннихъ контуръ по ординатамъ и абциссамъ.

3) Если по мѣстнымъ препятствіямъ невозможно было проводить діагонали, то, сообразно положенію изгибовъ границъ внутреннихъ контуръ, проектируютъ на мѣстности рядъ ломанныхъ линій—*магистральныхъ*, причемъ опредѣляется ихъ положеніе относительно окружной межи и другъ друга румбами и астролябическими углами. При измѣреніи магистральныхъ линій опредѣляются границы внутреннихъ контуръ ординатами.

На черт. 191-мъ магистральныя линіи Gn, np, pt..... Посредствомъ 2-го и 3-го способа нанесеніе внутреннихъ контуръ удобно лишь въ томъ случаѣ, когда мѣстность не пересѣчена какими либо препятствіями: оврагами, крутизнами и т. под. Повѣрка работы при способѣ діагоналей очень легка, стоитъ только сравнить длину діагонали, полученной промѣромъ, съ длиной той же діагонали по плану.

4) Способъ съемки внутреннихъ контуръ, основанный на разбивкѣ мѣстности рядами *параллельныхъ линий*, заключается въ слѣдующемъ: снимаемая мѣстность разбивается на квадратные участки и въ каждомъ изъ нихъ при помощи абсциссъ и ординатъ опредѣляютъ изгибы внутреннихъ контуръ.

Разбивка снимаемого пространства производится такимъ образомъ (черт. 192): сперва провѣшиваютъ магистральную линію MN преимущественно по направленію магнитнаго меридіана съ такимъ расчетомъ, чтобы она проходила приблизительно по срединѣ дачи; затѣмъ чрезъ какую нибудь точку O, находящуюся приблизительно на срединѣ длины провѣшенной линіи MN, проводятъ перпендикулярно къ ней линію SF и, начиная отъ точки O, измѣряютъ эти линіи, замѣчая точки *a, b, c, d, e, p, k, v, x.....*, отстоящія одна отъ другой на 20—50—100—200 саж. (что зависитъ отъ точности, требуемой при составленіи плана, и отъ количества внутреннихъ контуръ). Перпендикуляры, составленные изъ точекъ *a, b, c, d....* къ магистральнымъ линіямъ и провѣшенные чрезъ всю дачу, раздѣляютъ ее на квадратные участки; каждый участокъ снимается отдѣльно; изгибы внутреннихъ контуръ опредѣляются засѣчками или ординатами.

Разсматривая этотъ способъ съемки и сравнивая его съ предъидущими, видимъ, что недостатки его состоятъ въ слѣдующемъ: при провѣшиваніи и измѣреніи параллельныхъ линій нужно употребить очень много времени, тогда какъ, напр., способами: треангуляціоннымъ, діагоналей и магистралей можно было бы сдѣлать работу скорѣе. Выгоды же его тѣ, что онъ не требуетъ разнообразныхъ дѣйствій и при немъ съемщикъ не рискуетъ пропустить какую либо внутреннюю подробность. Примѣняется этотъ способъ тогда, когда другіе примѣнимы быть не могутъ, напр., когда мѣстность покрыта лѣсомъ или кустарникомъ и заключаетъ въ себѣ множество мелкихъ контуръ.

Всѣ разсмотрѣнные способы описываются дальше въ гл. „о мензульной съемкѣ“ примѣнительно къ мензулѣ.

При съемкѣ значительныхъ пространствъ съ разнообразными внутренними контурами можетъ явиться необходимость, примѣнять всѣ эти способы съемки.

Нанесеніе снятаго участка земли на планъ или накладку.

Когда румбы и астролябическіе углы провѣрены и исправлены и линіи приведены къ горизонтальной плоскости (по измѣреніямъ ихъ угловъ наклоненія), приступаютъ къ нанесенію снятой фигуры на планъ, или къ

накладѣхъ. Накладка производится или 1) по *астролябическимъ угламъ* или 2) по *румбамъ линий*.

1) На листѣ бумаги означаютъ положеніе начального пункта А (черт. 193) такъ, чтобы обмежеванная фигура могла помѣститься на бумагѣ; проводятъ по срединѣ листа линію NS, выражающую направленіе магнитнаго или истиннаго меридіана (смотри по тому, какіе углы приняты при съемкѣ). Черезъ точку А проводятъ линію *ns* параллельно NS и съ помощью транспортира, или по таблицѣ хордъ и тангенсовъ, наносятъ румбическій уголъ, равный опредѣленному румбу линіи АВ; на планѣ получится направленіе АВ. Затѣмъ откладываютъ измѣренную длину межника и получаютъ точку В. Черезъ точку В проводятъ линію *ns* параллельно принятому меридіану NS и наносятъ при ней измѣренный астролябическій уголъ ABC; всмѣстѣ съ тѣмъ повѣряютъ транспортомъ румбическій уголъ линіи BC. Далѣе откладываютъ въ масштабѣ длину межника BC, получится точка С; при точкѣ С опять проводятъ линію *ns* параллельно NS и наносятъ слѣдующую линію CD по опредѣленному астролябическому углу и повѣряютъ ея направленіе румбомъ.

Такимъ образомъ продолжаютъ работу.

По нанесеніи границъ одной половины дачи, начинаютъ снова отъ точки А и наносятъ другую половину въ сторону противоположную, записывая на накладкѣ цифрами величины астролябическихъ и румбическихъ угловъ измѣренныхъ линій.

2) Для нанесенія границъ снятой дачи по румбическимъ угламъ, на листѣ бумаги чертится рядъ параллельныхъ линій, которыя принимаются за направленіе магнитнаго меридіана (черт. 194). Затѣмъ берутъ произвольную точку А и проводятъ черезъ нее линію *ns*, параллельно NS; при точкѣ А проводятъ линію подъ угломъ, соответствующимъ румбу межника АВ и по ней откладываютъ въ масштабѣ длину межника АВ, тогда опредѣлится точка В. Въ точкѣ А при линіи *ns* строятъ уголъ, соответствующій румбу линіи АF, измѣренному на точкѣ F и, отмѣривши по масштабу длину межника АF по проведенному направленію, получаютъ точку F. Черезъ точки В и F проводятъ линіи *ns* и *ns* параллельныя къ NS; при точкѣ В строятъ румбическій уголъ линіи BC и откладываютъ по масштабу длину BC; при точкѣ F—румбъ линіи FE и откладываютъ длину FE..... Въ такомъ порядкѣ работа продолжается до конца.

Наносятъ контуру на планъ въ обѣ стороны отъ починнаго пункта для того, чтобы уменьшить количество погрѣшностей, являющихся отъ неточности чертежныхъ инструментовъ.

Сравнивая между собою разсмотрѣнные способы накладки, можно опредѣлить достоинства и недостатки каждаго изъ нихъ: при накладкѣ

по однимъ астролябическимъ угламъ ошибка, сдѣланная въ одномъ углѣ, имѣетъ вліяніе на направленіе прочихъ линій т. е., на положеніе всей фигуры относительно магнитнаго меридіана; накладывая же по румбамъ, при ошибкѣ въ какомъ нибудь изъ нихъ, мы будемъ имѣть прочія линіи не измѣнившимися въ направленіи относительно магнитнаго меридіана, такъ какъ каждая изъ нихъ наносится независимо отъ положенія другой. Необходимо при накладкѣ, астролябическіе углы повѣрять румбами (чтобы не нанести линій въ противоположную сторону), одними же румбами пользоваться нельзя, при строгой точности, такъ какъ извѣстно, что румбическіе углы опредѣляются на мѣстности съ точностью до 15'.

Невязка и ея уничтоженіе.

Обыкновенно контура, по нанесеніи всѣхъ ея линій и угловъ на бумагу, не смыкается, т. е., получается такъ называемая „невязка“. Последняя образуется вслѣдствіе неизбѣжныхъ погрѣшностей, дѣлаемыхъ при измѣреніи линій и угловъ на мѣстности и нанесеніи ихъ на бумагу.

Длина линій на мѣстности измѣряется съ средней точностью $\frac{1}{400}$: слѣдоват., величина невязки не должна бы превышать $\frac{1}{400}$ периметра измѣреннаго многоугольника. Такъ напр., если длина всѣхъ сторонъ контуры = 10000 саж., то допускаемая величина невязки = $\frac{10000}{400} = 25$ саж. Впрочемъ величина погрѣшности, допускаемой въ измѣряемыхъ линіяхъ, опредѣляется тою точностью, которую требуютъ отъ съемки: въ однихъ случаяхъ достаточна точность $\frac{1}{200}$ въ другихъ $\frac{1}{100}$ и даже меньшая, смотря по цѣли, для которой производится съемка. Если величина невязки такова, что можетъ быть допущена, то она уничтожается особыми приемами, посредствомъ которыхъ погрѣшность разлагается на всѣ части нанесенной на планъ контуры и последняя получаетъ видъ сомкнутой фигуры. Если же величина невязки переходитъ за опредѣленную норму, то это указываетъ, что при работѣ въ полѣ сдѣлана одна или нѣсколько грубыхъ ошибокъ въ измѣреніи угловъ и линій и необходимо все измѣреніе или часть его исполнить снова.

Положимъ, что при нанесеніи многоугольника на бумагу по его измѣреннымъ угламъ и линіямъ, получилась невязка, указывающая на грубую ошибку, сдѣланную въ измѣреніи на мѣстности; рассмотримъ: какимъ образомъ можно найти тотъ уголъ или ту линію, въ которыхъ она сдѣлана.

Пусть при измѣреніи угловъ многоугольника $ABCDEF$ (черт. 195) сдѣлана грубая ошибка въ углѣ C . Если нанести многоугольникъ отъ точки E черезъ F и A (т. е., влѣво), то образуется фигура $EFAVCPH$, въ которой часть $EFAVC$ совершенно вѣрна, остальная же часть CPH , вслѣдствіе ошибки въ углѣ C , будетъ имѣть неправильное положеніе, такъ что произойдетъ невязка EH . При нанесеніи того же многоугольника отъ точки F черезъ E и D (т. е., вправо) образуется контура $FEDCPTS$, въ которой часть $FEDC$ совершенно вѣрна, остальная же часть — $CPTS$, вслѣдствіе той же ошибки, имѣетъ неправильное положеніе, такъ что произойдетъ невязка SF . Такимъ образомъ оба нанесенные многоугольника пересекаются въ точкѣ C , т. е., въ вершинѣ ошибочно измѣреннаго угла. Изъ этого выводится такое заключеніе, что если отъ одной и той же стороны нанести многоугольникъ въ двѣ противоположныя стороны, то вершина невѣрно опредѣленнаго угла получится въ пересѣченіи обѣихъ фигуръ.

Хотя чрезъ оба нанесенія и образуется сомкнутый многоугольникъ $ABCDEF$ съ исправленнымъ угломъ BCD , но полезно произвести измѣреніе еще разъ этого угла въ полѣ, чтобы въ немъ не соединились всѣ ошибки измѣренія и накладки.

Другой приѣмъ для отысканія ошибочно измѣреннаго угла состоитъ въ слѣдующемъ. Если бы не было сдѣлано ошибки въ углѣ C , то, при нанесеніи многоугольника на бумагу, получилась бы сомкнутая фигура $ABCDEF$; но, по причинѣ сказанной ошибки, линія CD отклонится отъ своего вѣрнаго положенія и приметъ направленіе PC ; вслѣдствіе этого и часть CDE приметъ положеніе CPH , причемъ образуется невязка. Такъ какъ треугольники CDE и CPH имѣютъ по двѣ стороны и по одному углу, между ними лежащему, равными, то они равны, слѣдовательно, діагонали CH и CE равны. Отсюда, приходимъ къ такому заключенію: если при измѣреніи циркулемъ найдемъ такую точку многоугольника (какъ въ нашемъ чертежѣ — C), которая равно отстоитъ отъ концовъ H и E невязки, то это послужитъ доказательствомъ, что уголъ, находящійся при этой точкѣ, измѣренъ невѣрно. Если же таковыхъ точекъ найдется 2—3 и болѣе, то при нихъ надобно вновь на мѣстности измѣрять углы и тогда опредѣлить: который изъ нихъ былъ измѣренъ ошибочно.

Пусть (черт. 196), по нанесеніи снятой дачи на планъ, должна-бы получиться фигура $ABCDEF$, но при измѣреніи которой сдѣлана ошибка въ сторонѣ CD ; такъ что вмѣсто CD , нанесена длина CM и, вмѣсто ломанной — $ABCDEF$, получилась ломанная линія $ABCMNGK$, вслѣдствіе чего образовалась невязка AK . Такъ какъ при точкѣ M будетъ построенъ уголъ $CMN = CDE$, то равныя линіи DE и MN будутъ между собою парал-

лельны, вслѣдствіе того же и линія АК (невязка) будетъ равна и параллельна FG, EN а слѣдов. и DM. Отсюда выводится слѣдующее правило: для отысканія ошибочно измѣренной стороны, нужно, соединивъ точки невязки А и К прямою линіей, отыскать ту сторону многоугольника, которая параллельна невязкѣ АК; эта сторона и есть ошибочно измѣренная. Построивши отъ точки А фигуру AFEDCB по измѣреннымъ сторонамъ и угламъ, получимъ вѣрную сторону CD. Но полезно бываетъ произвести еще разъ измѣреніе въ полѣ, чтобы при этой линіи не накопились погрѣшности всего измѣренія. Если будутъ найдены двѣ или нѣсколько параллельныхъ невязкѣ сторонъ, то всѣ эти стороны нужно измѣрить на мѣстности и тогда опредѣлится—которая изъ нихъ была измѣрена невѣрно.

Если величина невязки фигуры не переходитъ за допускаемый предѣлъ, то она можетъ быть уничтожена однимъ изъ слѣдующихъ способовъ.

1) Пусть, по нанесеніи снятой дачи на плоскость бумаги, получилась несомкнутая фигура EDCBAGFH..... (черт. 197). Нанесеніе на планъ производилось отъ точки А въ обѣ стороны и въ результатѣ получилась невязка EH. Для уничтоженія ея проводятъ отъ точекъ Е и Н линіи АН и АЕ, соединяющія точки невязки съ начальной точкой накладки.

Невязку дѣлятъ на 2 части EO и OH въ такомъ отношеніи, въ какомъ $(AG + GF + FH) : (AB + BC + CD + DE)$; если первая сумма = 800 саж., а вторая = 1000 саж., то отношеніе будетъ = $800 : 1000 = 8 : 10 = 4 : 5$, слѣдов., $OH : EO = 4 : 5$. Нашедши такимъ образомъ точку О, соединяють ее съ точкой А. Затѣмъ, изъ точекъ В, С, D опускають перпендикуляры на линію АЕ и изъ точекъ G и F—на линію АН; черезъ подошвы перпендикуляровъ (*b, c, d, g, f*) проводятъ параллельно невязкѣ линіи: *b.1., c.3., d.4., f.5., g.2.*, до пересѣченія ихъ съ линіей АО; изъ точекъ пересѣченія: 1-й, 2-й, 3-й, 4-й и 5-й возставляютъ перпендикуляры къ АО въ соотвѣтственную сторону, на нихъ откладываютъ величины соотвѣтствующихъ имъ перпендикуляровъ: $Z.1 = Bb$, $X.3 = Cc$, $M.4 = Dd$ и т. д.; получаютъ точки: Z, X, M, N и P; соединяя эти точки въ послѣдовательномъ порядкѣ, принявши точку А за начальную, а точку О—точкою, въ которой контура сомкнется, получаютъ фигуру AZXMONP, въ которой невязка уничтожается пропорціональнымъ измѣненіемъ сторонъ и угловъ.

2) Невязка можетъ быть уничтожена тѣмъ же способомъ посредствомъ двухъ осей. Пусть при нанесеніи фигуры НАВСDE (черт. 198) получилась невязка EH; для уничтоженія ея можно одну сторону АН принять за ось невязки, другая ось будетъ линія ЕА. Затѣмъ, поступая по предъидущему, изъ точекъ В, С, D контуры опускають перпендикуляры *Bb, Cc* и *Dd* на линію АН (или на АЕ), черезъ точки *c,*

d и *b* проводят линіи *b.1.*, *c.2.*, *d.3.*, параллельно невязкѣ, до пересѣченія съ линіей *AE*, изъ точекъ 1, 2, 3, 4 возсталяютъ перпендикуляры и откладываютъ: $K.1 = Bb$, $P.2 = Cc$, $O.3 = Dd$. Соединяя точки *A*, *K*, *P*, *O*, *H*, получаютъ сомкнутую фигуру *АКРОН* въ которой невязка *ЕН* уничтожена.

3) Пусть точность, допускаемая для изображаемой окружной межи, $= \frac{1}{200}$ всего ея протяженія, что составляетъ на каждыя сто сажень полъ сажени погрѣшности.

Окружная межа нанесена отъ точки *A* (черт. 199) двумя частями *ABCDEF* и *ANMGH*, причемъ получилась невязка *ГН*, допускаемая, величиною въ 12 саж. Такъ какъ периметръ данной фигуры равняется $400 + 300 + 320 + 250 + 500 + 500 + 220 + 200 + 400 = 3090$ саж.,

слѣдзат., точность $= \frac{12 \text{ саж.}}{3090} = \frac{2}{515}$ (около $\frac{1}{250}$), а на сто сажень

периметра причтется погрѣшности $\frac{200}{515}$ саж. или для упрощенія, $\frac{2}{5}$ саж.

Работа уничтоженія невязки производится такимъ образомъ: чрезъ вершины данной фигуры проводят линіи параллельныя невязкѣ и откладываютъ на нихъ въ одну или другую сторону, относительную погрѣшность соразмѣрно длинѣ линій: такъ напр., при точкѣ *E* линіи *EF*, имѣющей 500 саж. длины, погашеніе погрѣшности выразится числомъ $\frac{2}{5}$ саж. $\times 5 = 2$ саж.

При точкѣ *D* линіи *DE* въ 250 саж. погашеніе погрѣшности $= (\frac{2}{5} \text{ саж.} \times 2,5) + 2 \text{ саж.} = 3 \text{ саж.} = Dd$.

При точкѣ *C* линіи *CD* въ 320 саж. погашеніе погрѣшности $= (\frac{2}{5} \text{ саж.} \times 3,2) + 3 \text{ саж.} = 4\frac{7}{25} = Cc$ и т. д.

Полученныя точки *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *g*, *m* и *n* соединяють соотвѣтственно другъ съ другомъ и съ точкой невязки—*F*: получается въ результатѣ сомкнутая фигура *abcdeFgmn*.

Болѣе простой способъ распредѣленія невязки на линіи и углы слѣдующій, почти аналогичный предъидущему, съ той только разницей, что погрѣшность распредѣляется пропорціонально не величинамъ линій, а числу отложеній: т. е., (черт. 199-й) при точкѣ *E* откладываютъ $\frac{12}{9} = 4\frac{4}{3}$ саж., при точкѣ *D*— $\frac{4}{3} + \frac{4}{3} = \frac{8}{3}$ саж., при *C*— $\frac{4}{3} + \frac{4}{3} + \frac{4}{3} = \frac{12}{3}$ саж. и т. д. Полученныя точки соединяются прямыми линіями и получается сомкнутая фигура.

Возобновленіе межевыхъ признаковъ.

Межевые знаки, т. е., межики, ямы и деревянные столбы, которыми означаются границы земельныхъ владѣній, нерѣдко уничтожаются съ те-

ченіемъ времени, такъ что мѣста ихъ существованія дѣлаются неизвѣстными мѣстнымъ жителямъ, поэтому и встрѣчается надобность, какъ въ разысканіи сказанныхъ границъ по имѣющемуся плану или межевой книгѣ, такъ и въ возобновленіи утратившихся признаковъ.

При разысканіи границъ могутъ быть слѣдующіе случаи:

1) *Когда ни окружной межи сохранилось два пункта, определяющіе оконечности одной граничной линіи;*

2) *Когда изъ всѣхъ межевыхъ знаковъ сохранился только одинъ.*

3) *Когда не сохранилось ни одного знака.*

1-й случай. Пусть контура ABCDEFGH (черт. 200) представляетъ дачу съ утратившимися межевыми признаками кромѣ двухъ А и В. По плану и межевой книгѣ пусть значится:

что линія АВ имѣть румбъ	NO : 50°30'	и длину	200 саж.
" BC "	SO : 65°15'	"	230 "
" CD "	SW : 31°	"	160 "
" DE "	SW : 83°	"	65 "
" EF "	SO : 5°30'	"	190 "
" FG "	NW : 87°15'	"	170 "
" GH "	NO : 18°30'	"	210 "
" HA "	NW : 70°	"	150 "

Работа разысканія межи прежде всего будетъ заключаться въ опредѣленіи: на сколько измѣнилось склоненіе стрѣлки отъ времени съемки плана. Измѣненіе склоненія узнается чрезъ сравненіе прежняго румба линіи АВ съ настоящимъ. Пусть настоящій румбъ линіи АВ=NO : 54°30', слѣдов., стрѣлка отклонилась къ западу на 4°, такъ что всѣ румбическіе углы NO и SW болѣе прежнихъ таковыхъ на 4°, а румбы NW и SO меньше на 4°. Перечисливши, согласно найденному склоненію, румбы линій имѣютъ:

Линія АВ	румбъ	NO : 54°30'.
" BC	"	SO : 61°15'.
" CD	"	SW : 35°.
" DE	"	SW : 87°.
" EF	"	SO : 1°30'.
" FG	"	NW : 83°15'.
" GH	"	NO : 22°30'.
" HA	"	NW : 66°.

Послѣ этого ставятъ инструментъ въ точкѣ В, неподвижные діоптры направляютъ на точку А, а подвижнымъ даютъ такое положеніе, чтобы индексъ нониуса показывалъ соответствующій астролябическій уголъ, равный $\angle ABC$ по плану. Въ то же время провѣряютъ румбъ линіи ВС и

если онъ равенъ $SO : 61^{\circ}15'$, то, по направленію подвижныхъ діоптровъ провѣшиваютъ линію, откладываютъ по ней 230 саж. и находятъ такимъ образомъ точку С. Переносятъ инструментъ въ точку С, находятъ точно также по астролябическому углу BCD и румбу линіи направленіе CD , а промѣромъ отъ точки С 160-ти саженой, находятъ точку D и такъ работа продолжается до пункта А. Если окажется, что контура по возобновленіи не сомкнется, то получившуюся невязку уничтожаютъ по способу проведенія линій черезъ углы параллельно невязкѣ.

2-й случай. Если въ натурѣ сохранился одинъ межевой признакъ, то для возобновленія межъ необходимо знать склоненіе стрѣлки, существовавшее при съемкѣ даннаго плана и настоящее склоненіе. Настоящее склоненіе легко опредѣляется по способамъ вышеизложеннымъ въ отдѣлѣ „Буссоли“, а прежнее склоненіе, если оно не записано на планѣ, можно узнать въ мѣстномъ Губернскомъ Межевомъ Управленіи, или по старымъ планамъ сосѣднихъ дачъ. Зная разность склоненій, перечисляютъ величину прежнихъ румбовъ въ настоящіе. Напр., пусть (черт. 200) сохранился одинъ только знакъ А на границѣ дачи $ABCD.....H$; на планѣ и въ межевомъ журналѣ записаны румбы и мѣра линій (по вышеприведенному). Предположимъ, что склоненіе стрѣлки при прежней съемкѣ, восточное $= 3^{\circ}$, а настоящее найдено восточное $= 6^{\circ}30'$; слѣдов., стрѣлка отклонилась къ востоку со времени прежней съемки на $6^{\circ}30' - 3^{\circ} = 3^{\circ}30'$. Имѣя такую разность склоненій, должно для приведенія прежнихъ румбовъ въ настоящіе, всѣ NO и SW уменьшить на $3^{\circ}30'$; а NW и SO увеличить на такую же величину — получимъ:

Линія	AB	имѣетъ	румбъ	NO : $50^{\circ}30' - 3^{\circ}30' = 47^{\circ}$
„	BC	„	„	SO : $65^{\circ}15' + 3^{\circ}30' = 68^{\circ}45'$
„	CD	„	„	SW : $31^{\circ} - 3^{\circ}30' = 27^{\circ}30'$
„	DE	„	„	SW : $83^{\circ} - 3^{\circ}30' = 79^{\circ}30'$
и т. д.				

Руководствуясь исправленными румбами и мѣрою линій, возобновляютъ утраченные межи по предъидущему.

Частный случай (а). Если бы вмѣсто магнитныхъ румбовъ были записаны истинные, то задача упрощается, такъ какъ нѣтъ надобности знать прежнее склоненіе стрѣлки. Такъ напр., пусть румбы линій АВ, ВС, CD и т. д. будутъ истинные; въ натурѣ сохранился пунктъ А и настоящее склоненіе стрѣлки—восточное $= 6^{\circ}30'$.

При восточномъ склоненіи всѣ магнитные румбы NO и SW будутъ меньше таковыхъ же истинныхъ на величину склоненія, а румбы NW и

SO больше. Следовательно, работа будет заключаться въ перечисленіи истинныхъ румбовъ въ магнитные:

$$\begin{aligned}\text{Магнитный румбъ } AB &= NO : 50^{\circ}30' - 6^{\circ}30' = 44^{\circ} \\ \text{” ” } BC &= SO : 65^{\circ}15' + 6^{\circ}30' = 71^{\circ}45' \\ \text{” ” } CD &= SW : 31^{\circ} - 6^{\circ}30' = 24^{\circ}30' \\ \text{” ” } DE &= SW : 83^{\circ} - 6^{\circ}30' = 76^{\circ}30'\end{aligned}$$

Зная настоящіе магнитные румбы, астролябическіе углы и мѣру линий, межи возобновляютъ по предъидущему.

Частный случай (b). Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ магнитная стрѣлка не дѣйствуетъ (отъ присутствія желѣзной руды) межи возобновляются по истинному румбу (при одной изъ точекъ опредѣляютъ положеніе истиннаго меридіана), и астролябическимъ угламъ прочихъ линий.

Третій случай. Если въ натурѣ не сохранилось ни одного пункта, то обращаются къ планамъ сосѣднихъ владѣній, преимущественно къ тѣмъ, которыя снимались одновременно съ даннымъ (въ которомъ межи возобновляются), и находятъ тамъ хотя одинъ пунктъ, а отъ него ведутъ уже работу разысканія межъ даннаго участка. Нашедши всѣ точки поворотовъ граничной межи, ставятъ на нихъ деревянные столбы, такіе же, какіе здѣсь стояли раньше.

Для возобновленія межъ, обыкновенно, по желанію владѣльца, командировается изъ мѣстнаго Губернскаго Межеваго Управленія правительственный уѣздный землеѣръ.

Размежеваніе.

Дѣленіе площадей по различнымъ условіямъ. Всѣ задачи этого рода рѣшаются сначала на планѣ, а затѣмъ—линіи раздѣла назначаются на мѣстности.

Разсмотримъ сперва простѣйшіе способы дѣленія фигуръ на части пропорціональныя.

1) *Треугольникъ ABC (черт. 201) требуется раздѣлить на три части пропорціонально числамъ—2: 3: 5.*

Для этого дѣлятъ основаніе треугольника AC на 10 равныхъ частей (2+3+5) и соединяютъ 2-е и 5-е дѣленіе отъ точки A съ вершиною B. Полученные треугольники ABm, mBq, и qBC будутъ искомыя пропорціональныя части.

2) *Прямоугольникъ ABCD (черт. 202) требуется раздѣлить на три части пропорціонально числамъ—1: 3: 4.*

Для этого дѣлятъ AB и DC на 8 равныхъ частей (1+3+4) и проводятъ линіи дѣленія pq и mn, соединяющія 1-е дѣленіе линіи

AB съ 1-мъ дѣленіемъ DC и 4-е дѣленіе AB съ 4-мъ DC. Полученные прямоугольники $DApq$, qpm и mBC будутъ искомые.

3) Трапецію ABCD (черт. 203) требуется раздѣлить на три части, пропорціонально числамъ—1: 2: 5.

Для этого дѣлятъ ея параллельныя стороны AB и DC на 8 частей $(1+2+5)$ и проводятъ линіи дѣленія mn и pq , соединяющія 1-е съ 1-мъ и 3-е съ 3-мъ дѣленіемъ. Полученныя трапеціи $DAmn$, $mnpq$, $qprBC$ будутъ искомыя части площади ABCD.

4) Неправильный многоугольникъ ABCDEFGH (черт. 204) требуется раздѣлить на три части пропорціонально числамъ 1: 2: 3.

Для этого проводятъ діагональ AC, отдѣляющую треугольникъ ABC и чрезъ всѣ вершины проводятъ линіи, параллельно діагонали AC до пересѣченія съ сторонами многоугольника. Такимъ образомъ многоугольникъ разбивается на два треугольника и четыре трапеціи. Каждую изъ этихъ фигуръ, по предъидущему, дѣлятъ на три части, пропорціонально числамъ 1: 2: 3 и въ результатѣ получаютъ искомыя части — многоугольники: $FGHABmnp = 1$, $FronmbVqxyt = 2$, и $FtsyxqBCDE$.

Перечисленные здѣсь случаи дѣленія площадей хороши тѣмъ, что избавляютъ отъ предварительнаго вычисленія площади, дѣленіе производится геометрическимъ путемъ, но на практикѣ раздѣленіе дать по большей части производится иными способами, о которыхъ рѣчь впереди.

Замѣна граничныхъ линій.

1) Два участка I-й и II-й (черт. 205) въ дачѣ ABCDEF раздѣляются ломанной um , требуется замѣнить линію um прямою, не измѣняя величины участковъ.

Проведя изъ точки m линію, параллельную un , до пересѣченія съ стороною DE, соединяють точки y и x прямою, которая и будетъ искомою раздѣльной. Къ участку I-му прирѣжется треугольникъ yom и отрѣжется отъ него къ участку II-му треугольникъ xon , но такъ какъ треугольникъ ntu равновеликъ треугольнику uxn , то, отнявши отъ нихъ общую часть $\triangle nou$, получаютъ равновеликіе треугольники yom и xon . Следовательно, отъ замѣны ломанной um прямою yx величины обоихъ участковъ остались безъ перемѣны.

2) Два участка I-й и II-й (черт. 206) раздѣляются ломанной линіей mqr , требуется замѣнить ее прямою.

Соединивъ точки m и q прямою линіей, проводятъ чрезъ точку p линію параллельную mq и соединяють точку m съ точкой z . Затѣмъ соединяють точку m съ точкой x и чрезъ точку z проводятъ zn па-

параллельно mx ; соединивъ точки n и m , получаютъ линію раздѣла mn (по предыдущему).

3) Два участка I-й и II-й (черт. 207) въ дачѣ ABCDEF раздѣляются криволинейной границей $blgek$, требуется замѣнить ее прямою.

Проведя на глазъ линію ak такъ, чтобы она прирѣзывала къ участку I-му и отрѣзывала отъ него къ II-му приблизительно равныя части, вычисляютъ площади отрѣзковъ abl и $lkeg$; пусть площадь abl оказалось меньше $lkeg$ на 3 дес. 1612 кв. саж.; слѣдовательно, проведя прямую ak , увеличить участокъ I-й на 3 дес. 1612 кв. с., а чтобы уменьшить его, нужно отрѣзать отъ него треугольникъ koa , въ которомъ основаніе ka , а высота $h = \frac{3 \text{ дес. } 1612 \text{ кв. с.}}{1/2 ka}$.

Если $ka = 254,4$ саж., то высота $h = \frac{8812 \text{ кв. с.}}{127,2 \text{ с.}} = 69,3$ саж.

Проводятъ на разстояніи 69,3 с. (въ масштабѣ) линію параллельно линіи ak и пересѣченіе ея съ АВ—точку o соединяютъ съ k ; полученная линія ok будетъ искомая.

Дѣлить дачи на части равныя и пропорціональныя можно двоякимъ образомъ: соответственно *количеству и качеству* (цѣнности, доходности) угодій.

1) Дачу ABCDEF (черт. 208) требуется раздѣлить прямой линіей изъ точки С на двѣ равныя части.

Сначала опредѣляютъ площадь всей дачи и величину каждаго участка: пусть площадь ABCDEF = 120 дес. 530 кв. саж., слѣдоват., каждый участокъ = 60 дес. 265 кв. с. Проводятъ изъ точки С линію СК, дѣлящую приблизительно всю дачу пополамъ, и вычисляютъ площадь участка АВСК—I-го. Пусть эта площадь = 55 дес. 2000 кв. саж.; слѣдов., при нарѣзкѣ сдѣлана ошибка = 60 дес. 265 кв. саж. — 55 дес. 2000 кв. саж. = 4 дес. 665 кв. саж.

Недостающія 4 дес. 665 кв. с. должно прирѣзать къ участку I-му отъ II-го. Нарѣзка производится построеніемъ треугольника, у котораго основаніе КС, а высота $h = \frac{4 \text{ дес. } 665 \text{ кв. саж.}}{1/2 КС}$; если КС = 368 с., то

$$h = \frac{10265 \text{ кв. с.}}{184} = 55,8 \text{ саж.}$$

На разстояніи 55,8 саж. проводятъ линію xt параллельно КС и точку О соединяютъ съ С: получается треугольникъ КСО, площадь котораго = $\frac{368}{2} \cdot 55,8 = 4 \text{ дес. } 667 \text{ кв. саж.}$, почти равная искомому

въ 4 дес. 665 кв. саж. (разница въ 2 кв. саж. ничтожна, ею можно пренебречь безъ ущерба точности).

2) *Раздѣлить дачу ABCDE (черт. 209) прямыми линіями изъ точки Е на три части, пропорціоально числамъ 2: 3: 4.*

Пусть площадь данной дачи = 720 дес. 270 кв. саж. Слѣдоват.,
 1-я часть = $\frac{720 \text{ дес. } 270 \text{ кв. с.}}{9}$. 2 = 160 дес. 60 саж., вторая
 часть = $\frac{720 \text{ дес. } 270 \text{ кв. с.}}{9}$. 3 = 240 дес. 90 кв. саж., третья часть
 = $\frac{720 \text{ дес. } 270 \text{ кв. с.}}{9}$. 4 = 320 дес. 120 кв. саж.

Проводятъ изъ точки Е линію Еи такъ, чтобы, приблизительно, площадь ЕиСD = 160 дес. 60 кв. саж.; но, по вычисленіи площади ЕиСD, пусть оказалось, что она равна 165 дес. 280 кв. саж.; слѣдовательно, ошибка = 165 дес. 280 кв. саж. — 160 дес. 60 кв. саж. = 5 дес. 220 кв. саж.

Ошибку эту отрѣзываютъ отъ площади ЕиСD треугольникомъ ЕиМ, котораго основаніе = Еи, площадь = 5 дес. 220 кв. с.; а высота К = 5 дес. 220 кв. с.
 $\frac{1}{2} \text{ Еи}$; если Еи = 800 саж., то высота = К = $\frac{12220 \text{ кв. с.}}{400}$

= 30,55 саж.; слѣдоват., проведя къ линіи Еи параллельную рt на разстояніи 30,55 саж., (по масштабу), получаютъ сѣченіе ея съ линіей ВС въ точкѣ М; линія ЕМ будетъ раздѣльной линіей.

Для отбивки втораго участка сначала, на глазъ, проводятъ линію Ет и вычисляютъ площадь ЕтВА; если она меньше требуемой, т. е., 240 дес. 90 кв. саж., то прирѣзаютъ къ ней, по предъидущему, треугольникъ ЕтQ = недостающей площади.

3) *Дана дача ABCDEFGH (черт. 210), требуется провести линіи раздѣла такъ, чтобы образовались три части, относящіяся какъ 2: 3: 5. Рѣка, протекающая по дачѣ, была бы раздѣлена между владѣльцами въ томъ же отношеніи и линіи раздѣла проходили бы чрезъ усадьбу.* Площадь дачи = 425 дес. 1400 кв. саж.

Въ этомъ случаѣ дѣлятся между владѣльцами двѣ единицы — площадь и рѣка. Сперва опредѣляется площадь данной дачи и вычисляется величина каждаго участка раздѣла. Рѣка должна быть съ точностью снята и положена на планъ; пусть длина ея = 1845 саж.; число это дѣлятъ въ отношеніи данныхъ чиселъ и получаютъ: для I-го участка

протяженіе берега рѣки $= \frac{1845}{10} \cdot 2 = 369$ саж.; для II-го уч. протяж.

берега рѣки $= \frac{1845}{10} \cdot 3 = 553,5$ с.; для III-го уч. $= \frac{1845}{10} \cdot 5 = 922,5$.

Сумма этихъ протяженій $= 1845$ саж.

Послѣ этого, сообразно положенію участковъ, назначаютъ по рѣкѣ (на планѣ) точки *o* и *b*, чрезъ которыя должны проходить раздѣльныя линіи такъ, чтобы *po* $= 369$ саж., *kb* $= 553,5$ с., *bo* $= 922,5$ саж.

Опредѣленное каждому владѣльцу количество земли назначается на планѣ въ участкахъ, положеніе границъ которыхъ соотвѣтствуетъ условіямъ раздѣла (чрезъ усадьбу по указаніямъ владѣльцевъ). Сначала на рѣзка производится приблизительно, по вышесказанному, а потомъ окончательно уравниваютъ количество земли прирѣзкой и отрѣзкой треугольниковъ или трапецій и получаютъ на планѣ разграничивающія линіи—*донт* и *abcdx*.

Въ вышеприведенныхъ примѣрахъ задача была разсматриваема и рѣшаема въ одномъ только геометрическомъ отношеніи (по количеству); цѣнность дѣлимыхъ земель не бралась во вниманіе. Но понятно, при размѣнѣ, раздѣлѣ земель, уничтоженіи чрезполосныхъ владѣній и отводѣ ихъ къ однимъ мѣстамъ, владѣльцы неизбѣжно примутъ въ расчетъ цѣнность земель.

Землемѣръ, при раздѣлѣ такихъ дачъ, долженъ принять въ соображеніе цѣнность угодій, которая можетъ быть выражена или стоимостью одной десятины, или по приносимому ею доходу въ рубляхъ, урожаѣ зерна, укосѣ сѣна и проч., или же наконецъ, по отношенію качества земель къ качеству земли одного какаго либо угодія, десятина котораго въ этомъ случаѣ принимается за единицу мѣры. Цѣнность земельныхъ угодій, выраженную въ томъ или другомъ видѣ, принято называть качествомъ земель, она опредѣляется при съемкѣ угодій на основаніи правилъ таксаціи (оцѣнки), или же по взаимному соглашенію самихъ владѣльцевъ. При раздѣлѣ дачъ по качеству угодій, размежеваніе производятъ двоякимъ образомъ.

1) Дана дача ABCDEF (черт. 211), состоящая изъ трехъ угодій (напр., лугъ, лѣсъ и пашня) различной цѣнности, требуется раздѣлить ее на три части пропорціонально числамъ 2 : 3 : 5.

Очевидно, прежде всего нужно измѣрить и нанести на планъ каждое угодіе, опредѣлить слѣдующее изъ него количество земли въ I-й, II-й и III-й участки; а затѣмъ въ каждомъ изъ угодій, какъ отдѣльной единицѣ, провести линіи раздѣла, удовлетворяющія даннымъ услови-

ямъ. Нарѣзка происходитъ по вышеизложенному (т. е., сперва на глазъ, а потомъ, исправляютъ ошибку прирѣзкой или отрѣзкой треугольниковъ).

Такимъ образомъ получаютъ линіи разбивки: $abcde$ и $mnpqr$.

2) Дана дача $ABCDEF$ (черт. 212), состоящая изъ трехъ угодій: луга, лѣса и пашни; требуется раздѣлить ее на три части, пропорціонально числамъ 2:3:5 (по ценности) такъ, чтобы межа изъ точки O была прямая линія и участки не должны быть растянуты, а отведены къ однимъ мѣстамъ.

Пусть площадь подъ лѣсомъ — 60 дес. при стоимости одной десятины = 150 руб.

подъ лугомъ — 80 дес. при стоим. 1 дес. = 100 руб.

подъ пашней — 100 " " " " = 60 руб.

Стоимость всей дачи = $(60 \cdot 150) + (80 \cdot 100) + (100 \cdot 60) = 23000$ р.

Слѣдовательно, I-й участокъ стоитъ $\frac{23000 \text{ р.}}{10} \cdot 2 = 4600$ р.

" II-й " " $\frac{23000 \text{ р.}}{10} \cdot 3 = 6900$ р.

" III-й " " $\frac{23000 \text{ р.}}{10} \cdot 5 = 11500$ р.

Сумма = 23000 р.

Проводятъ изъ точки O линію Om , приблизительно такъ, чтобы отдѣленный участокъ $AOmF$ стоилъ 4600 руб.; затѣмъ вычисляютъ величину этой площади отдѣльно по угодіямъ и опредѣляютъ стоимость ея. Пусть стоимость участка $AOmF = 6000$ руб.; слѣдовательно, ошибка надѣла = $6000 \text{ р.} - 4600 \text{ р.} = 1400 \text{ руб.}$: т. е., нужно отрѣзать отъ площади $AOmF$ земли на 1400 руб. Такъ какъ линія раздѣла должна быть прямою, исходящею изъ точки O , то получится она такимъ путемъ: соображаясь по плану, мы видимъ, что треугольникъ, подлежащій отрѣзкѣ, будетъ имѣть протяженіе на половину по лѣсу и на половину по лугу (приблизительно), слѣдов., средняя цѣнность десятины такового

выразится числомъ $\frac{150 + 100}{2} = 125$ р., а десятины въ немъ должно

быть: $\frac{1400}{125} = 11,2$. Зная основаніе Om , легко опредѣлить высоту

треугольника OmN , она равна $\frac{11,2 \text{ дес.}}{1/2 Om}$; если $Om = 800$ саж.,

то высота = $\frac{26880}{400} = 67,2$; на этомъ разстояніи проводятъ отъ Om

параллельную ей и точку N (сѣченіе параллельной pq съ FE) соединяютъ съ O , получаютъ ON , т. е., линію раздѣла (если есть сомнѣніе въ

вѣрности разбивки, повѣряютъ стоимость участка AONF, равна ли она 4600 руб. и, если нѣтъ, поправляютъ ошибку по вышеизложенному, новымъ положеніемъ раздѣльной линіи).

Послѣ этого изъ какой нибудь точки *y* (или выбранной согласно указаніямъ владѣльца) проводятъ линію *yz* и опредѣляютъ стоимость участка AFyz, равна ли она 4600 руб. + 6900 р. = 11500 рублей (т. е. I-й + II-й уч.). Пусть стоимость будетъ больше 11500 руб. на 2155 руб., линія же раздѣла можетъ быть и ломанная. По плану видно, что было бы очень удобно отрѣзать треугольникъ линіей, проведенной изъ точки *u*, а такъ какъ онъ на своемъ протяженіи на половину будетъ лежать въ области пашни и на половину въ области лѣса, то

число десятинъ (въ общей сложности) въ немъ = $\frac{2155}{(150+60):2} =$

$\frac{2155}{105} = 20,53$; слѣдоват., высота его = $\frac{20,53 \text{ дес.}}{1/2 zu}$; если *zu* =

500 саж., то высота = $\frac{49272}{250} = 197$ саж.

На этомъ разстояніи отъ *zu* проводятъ ей параллельную *mt* и точку *a* соединяютъ съ *u*; линія *auu* будетъ раздѣльною (понятно, требуется вторичная повѣрка и, въ случаѣ надобности, отрѣзка или прирѣзка—по предъидущему). И такъ получились участки согласно даннымъ условіямъ: AONF — I-й, *auy*ENO — II-й и *auy*DCB — III-й.

При раздѣленіи дачъ по качеству угодій, вмѣсто стоимости угодій, можетъ быть дана доходность десятины, или относительное достоинство единицы площади каждаго угодія по сравненію съ единицей площади одного какого либо.

а) Дана дача съ различнымъ качествомъ угодій:

Первое угодіе = 200 дес. доходъ съ 1-й дес. = 10 руб.

Второе " = 100 " " " = 8 "

Третье " = 300 " " " = 2 "

Четвертое " = 50 " " " = 3 "

Доходъ со всей дачи = $(200 \cdot 10) + (100 \cdot 8) + (300 \cdot 2) + (50 \cdot 3) = 3550$ рублей.

Пусть требуется раздѣлить ее пропорціонально числамъ 1:2:3.

I-я часть должна приносить дохода $\frac{3550}{6} = 591,66$ руб.

II-я " " " " $\frac{3550}{6} \cdot 2 = 1183,32$ руб.

III-я " " " " $\frac{3550}{6} \cdot 3 = 1775,01$ руб.

Сумма = 3549,99 руб.

Размежеваніе производится по предъидущему, только вмѣсто стоимости десятины берется за основаніе дѣленія доходность.

б) Дана дача съ различнымъ качествомъ угодій, такъ что: если качество 1-го угодія выразить числомъ 1, то качество 2-го выразится числомъ 3, и третьяго—числомъ 5.

Требуется раздѣлить ее на три части, пропорціонально числамъ 3 : 7 : 8; причемъ площадь 1-го угодія = 200 дес.

"	"	2-го	"	= 300	"
"	"	3-го	"	= 100	"

Всѣ угодія для удобства вычисленія подводятъ къ одному качеству (1-му наприм.): 200 дес. перваго угодія по качеству = 200 д. I-го.

300 " втораго " " = $300.3 = 900$ д. I-го.

100 " третьяго " " = $100.5 = 500$ д. I-го.

Итакъ, по качеству вся дача = $200 + 900 + 500 = 1600$ десят. перваго угодія. Это число—1600 и дѣлятъ пропорціонально 3 : 7 : 8, а разбивку производить по предъидущему.

Разбивка полей на смѣны, клинья и десятины.

Весьма часто въ сельскомъ хозяйствѣ, напр., при организаціи и введеніи новой системы, для правильнаго учета доходовъ и расходовъ, пользованія рабочей силой и проч., необходимо бываетъ правильное распредѣленіе земли по угодіямъ и въ частности, раздѣленіе пахатной земли на части, которыя въ зависимости отъ величины носятъ различныя названія: *смѣны* (поля), *клинья* (кварталы) и *десятины*.

Для выполненія этой работы, необходимо сначала снять и положить на планъ границы того поля, которое желаютъ подвергнуть разбивкѣ; затѣмъ, согласно указанію владѣльца относительно расположенія дѣлянокъ и направленія дорогъ между ними, на планѣ назначается проектъ разбивки. Нарѣзка съ плана переносится на мѣстность.

Смѣна или поле есть тахімумъ нарѣзки, поэтому сначала опредѣляютъ количество смѣнъ, величину, форму и положеніе ихъ. По разбивкѣ пашни на смѣны, дѣлятъ послѣднія на клинья и десятины.

1) *Количество* смѣнъ зависитъ отъ системы хозяйства и главнымъ образомъ отъ сѣвооборота (чередованіе растений), напр., при семипольномъ сѣвооборотѣ — 7 смѣнъ.

2) *Величина* смѣны выразится частнымъ отъ дѣленія площади пашни на число смѣнъ: если пахатной земли 700 десят., а смѣнъ 7, то

$$\text{величина смѣны} = \frac{700 \text{ д.}}{7} = 100 \text{ дес.}$$

Смѣны должны быть всѣ одинаковой величины, если-же этого условія нельзя почему либо соблюсти, то допускается разница не болѣе 2⁰/о.

3) *Положеніе*. Желательно, чтобы смѣны концами своими (углами) примыкали къ усадьбѣ, которая тогда будетъ занимать какъ бы центральное положеніе относительно пашни (цѣль — какъ и предъидущаго пункта — уравниженіе дохода съ каждой смѣны, такъ какъ въ этомъ случаѣ количество пѣшихъ и упряжныхъ рабочихъ силъ, употребляемыхъ на каждую смѣну, а слѣдоват., и стоимость таковыхъ будетъ одинакова).

Если усадьба расположена въ углу имѣнія и поля очень отдалены отъ нея, такъ что много времени теряется непроизводительно на проходъ рабочихъ силъ на поля и обратно, то иногда бываетъ выгоднѣе, перенести усадьбу на новое мѣсто; расходъ на перенесеніе окупится близостью полей (хотя выборъ мѣста для усадьбы обусловливается не однимъ этимъ обстоятельствомъ, а также близостью воды, здоровымъ мѣстоположеніемъ и проч.).

Идеальное расположеніе угодій такое, когда угодія, требующія болѣе труда и капитала, расположены ближе къ усадьбѣ и наоборотъ: такъ по черт. 213 видно, что такія культуры, какъ сады, огороды, хмѣльники, виноградники располагаются вблизи усадьбы, за ними по степени интенсивности слѣдуютъ поля, луга, выгоны и лѣса.

4) *Форма смѣны* зависитъ отъ направленія раздѣльных линій. Желательно, чтобы онѣ имѣли видъ прямоугольника; если же нельзя придать имъ такой видъ, то необходимо избѣгать очень тупыхъ или острыхъ угловъ въ пересѣченіи граничныхъ линій.

Смѣны отдѣляются одна отъ другой явными границами. Хорошо, если таковыми будутъ служить живыя урочища (рѣки, дороги, овраги и пр.). Этимъ сберегается земля на межи между смѣнами, облегчается пользование наровыми полями и живыми урочищами какъ пастбищемъ напр.

Границами между смѣнами служатъ, главнымъ образомъ, проходящія по полямъ дороги; но если онѣ почему либо не могутъ служить границами (напр., если при назначеніи ихъ границами, смѣны будутъ имѣть нежелательную форму), то находятъ выгоднымъ, подобныя дороги перенести, располагая ихъ между смѣнами (конечно, если перенесенію дорогъ ничто не препятствуетъ).

Въ большинствѣ случаевъ, не всегда можно имѣть только естественныя границы между смѣнами, поэтому является необходимость, оставлять между ними полосу земли небольшой ширины, которая называется *межей* (планокъ, прогонь). Межи имѣютъ различную ширину: такъ, когда межа только раздѣляетъ смѣны, то ширина ея $= 1 - 1\frac{1}{2}$ саж.; если

она, кромѣ этого, служить и для проѣздовъ (дорогою), то ширина ея = 3 саж. (чтобы могли разминуться два воза); если же межа служить и скотопрогономъ, то ширина ей дается 6—10 саж.; хорошо въ этомъ случаѣ, края смѣны окопать канавами во избѣжаніе погравъ.

Для удобства контроля надъ полевыми работами, отдачи земли въ аренду или исполу, принято разбивать смѣны на болѣе мелкія части равной величины. называемыя *клиньями, кварталами, дѣлянками, кругами, ланами, клѣтками сотенниками* (смотря по мѣстности).

Величины клиньевъ опредѣляется удобствомъ производства упряжныхъ работъ, а также и способомъ пользованія пахатной землей.

Вслѣдствіе того, что въ различныхъ полосахъ Россіи почвенныя и экономическія условія различны, то и величина клиньевъ, какъ непосредственно отъ нихъ зависящая, тоже различна въ различныхъ мѣстностяхъ. Размѣры клиньевъ можно, пожалуй, объяснить слѣдующими соображеніями.

Такъ напр., въ сѣверныхъ и среднихъ губерніяхъ Россіи почву обрабатываютъ сохою—лошадьми, тамъ длина кварталовъ не превышаетъ 80 саж., т. е., нормы пути, который можетъ пройти безъ отдыха пахарь и лошадь съ сохою; въ южныхъ губерніяхъ работа производится наичаще волами—плугомъ, тамъ длина клиньевъ достигаетъ 200 саж.

При уменьшеніи длины участковъ тернить успѣшность работы, такъ какъ тогда много времени уходитъ на частые повороты съ орудіями.

Въ южныхъ губерніяхъ поля разбиваются на клинья по 10 или 6 дес. въ каждомъ, въ видѣ прямоугольника, одна сторона котораго съ 3 на В = 160 саж., а съ С на Ю = 150 саж. ($160 \cdot 150 = 24000$ кв. с.), или 120 дл. и 120 шир. ($120 \cdot 120 = 14400$ кв. с.). Въ Юго-Вост. губ. въ ходу разбивка на сотенники: квадр. участки съ измѣреніемъ 100 саж.

Такіе размѣры удобны для отбивки десятины: стоитъ только (черт. 214) по межѣ, въ первомъ случаѣ, отмѣрить 16 саж. (160 саж.), или 15 саж. (150 с.) и прогнать линію параллельно *qm*, получимъ фигуру $qmntn = 16 \text{ с.} \cdot 150 \text{ с.} = 2400 \text{ кв. с.} = 1 \text{ дес.}$, или $15 \text{ с.} \cdot 160 = 2400 \text{ кв. с.}$; если клинь величиною въ 6 дес., то (черт. 215), отложивъ по межѣ *zs* линію = 20 саж. и проведя линію *yp* параллельно *zx*, получимъ площадь $xzyp = 1 \text{ дес.}$ Точно также можно получить и части десятины.

Въ сѣверныхъ и среднихъ губерніяхъ Россіи клинья имѣютъ величину = 2—3—4 дес.; хотя, впрочемъ, чаще практикуется подесятинная разбивка.

Нѣсколько клиньевъ, стоящихъ въ рядѣ, называются *звено или столбъ*, напр., 1-й, 2-й и 3-й (черт. 214).

Требуется придавать клиньямъ прямоугольную форму; если же нельзя этого соблюсти, то въ фигурѣ таковыхъ избѣгать слишкомъ

острыхъ и тупыхъ угловъ (увеличивается число непроизводительныхъ оборотовъ орудіями обработки).

Клинья другъ отъ друга отдѣляются межами, шириною $\frac{1}{2}$ —1— $1\frac{1}{2}$ саж., хорошо, если эти межи сквозныя, т. е., клинья расположены рядами.

Если является необходимость, болѣе дробнаго дѣленія земли, то клинья еще разбиваютъ на десятины, между которыми межи не проводятся, а линіи дѣленія обозначаются деревянными столбиками или камнями, утвержденными въ краевыхъ точкахъ такъ, чтобы они не мѣшали работамъ.

Примѣръ разбивки. Дана дача ABCDEFGH (черт. 216), имѣющая 185 дес. полевой земли, требуется произвести разбивку на три поля (смѣны) и на клинья по 10 дес. въ каждомъ.

Положивъ, примѣрно, пять десятинъ на дороги, межи и ошибку нарѣзки, будемъ имѣть величину смѣны $= \frac{180}{3} = 60$ десятинъ. Отрѣзываемъ на планѣ первую смѣну линіей *yz*, параллельной АН и вычисляемъ: будетъ ли равна отбитая часть 60 десятинамъ? Если нѣтъ, то прирѣзаемъ или отрѣзаемъ недостающее посредствомъ трапеціи *zyrx*.

Затѣмъ, 24 десятины между межею и дорогою, назначаемъ вторую смѣною, а такъ какъ эта часть находится около усадьбы, то недостающія до полной смѣны 36 дес., нарѣзываются линіей *ab* приблизительно параллельною дорогѣ и FE (вдали отъ усадьбы, для уравниванія разстояній).

Остающееся отъ этихъ нарѣзокъ пространство пашни между дорогою и *ab* будетъ третьей смѣной.

При таковой нарѣзкѣ среднее разстояніе до всѣхъ смѣнъ приблизительно будетъ одинаковое.

По провѣркѣ разбивки, смѣны разбиваются на клинья при соблюденіи всѣхъ условій, требующихся отъ таковыхъ. Затѣмъ, если нужно, клинья разбиваются еще на десятины, напр., А, Б, В, Г, Д и т. д.

Смѣны нумеруются римскими цифрами и подъ цифрой обозначается величина смѣны; кварталы—арабскими цифрами по порядку до послѣдняго, или начиная съ 1-го въ каждой смѣнѣ. Длина сторонъ смѣнъ, клиньевъ и десятинъ также записывается на планѣ.

На мѣстности, согласно проекту разбивки на планѣ, линіи раздѣла назначаются по румбамъ и астролябическимъ угламъ и промѣрами. Главныя и очень длинныя линіи (напр., межи смѣнъ *px* и *ab*) провѣшиваются по румбамъ и астролябическимъ угламъ; болѣе короткія (гра-

ницы клинбѣвъ и десятинъ) — единственно промѣрами. Обозначивъ направление линій вѣхами, проводятъ плугомъ по двѣ борозды параллельныхъ, назначая такимъ путемъ межи.

Если поверхность поля наклонна къ горизонту, то при отложеніи линій на мѣстности необходимо длину таковыхъ увеличивать соответственно существующему углу наклоненія; понятно, что тогда площади нарѣзокъ на мѣстности будутъ болѣе ихъ проекцій на планъ, причемъ каждая десятина на мѣстности будетъ болѣе своей проекціи.

Если желаютъ соблюсти величину десятины не въ проекціи, а на земной поверхности, то каждое поле, находящееся на наклонной поверхности, снимаютъ отдѣльно и накладываютъ на планъ не проекціи, а истинныя разстоянія.

Уголъ накло- ненія плос- кости.	Проекція десятины мень- ше десятины на мѣстности на
3°	3 кв. с.
4°	6
5°	9
6°	13
7°	18
8°	23
9°	30
10°	37
15°	82
20°	145

и т. д.

Мензула и ея употребленіе.

Главное различіе мензулы отъ прочихъ угломерныхъ инструментовъ состоитъ въ томъ, что горизонтальныя проложенія угловъ опредѣляются графическимъ путемъ на бумагѣ, безъ измѣреній въ градусахъ (черт. 217); при съемкѣ мензулой — какъ окружная межа, такъ и всѣ подробности, наносятся на планъ прямо съ мѣстности (безъ накладки по угламъ и линіямъ). Это обстоятельство даетъ мензулѣ преимущество предъ другими инструментами при производствѣ самыхъ подробныхъ съемокъ топографическихъ и хозяйственныхъ.

Мензула изобрѣтена въ XVII-мъ столѣтіи Альтдорфскимъ профессоромъ Іоанномъ Преторіемъ. Она состоитъ изъ двухъ главныхъ частей: 1) *Мензульной (планшетной) доски* и 2) *Штатива съ треножникомъ*.

Мензульная доска дѣлается квадратной отъ 14-ти до 28 дюйм. изъ сухаго липоваго, или кленоваго дерева. Чтобы она не коробилась, ее составляютъ изъ нѣсколькихъ кусковъ такъ: (черт. 218)—квадратная рама *abcd* связывается крестообразно двумя планками *s* и *q*; четыре образовавшіеся чрезъ это квадрата *m, n, p, t* заполняются досками изъ того же дерева, вложенными въ пазы планокъ, а сверху и снизу наклеиваются сплошныя фанерки. Части планшетной доски должны быть расположены волокнами дерева въ различныя стороны.

Вмѣсто деревянной употребляются доски изъ толстаго матоваго стекла, но онѣ не такъ удобны, потому что тяжелы.

На верхнюю поверхность доски, представляющую плоскость, наклеивается бумага, а къ нижней прикрѣпляются двѣ скобы—*MN* (черт. 219), которыми она соединяется съ штативомъ.

Штативъ каждой мензулы долженъ имѣть главнымъ условіемъ — независимость движенія своихъ составныхъ частей, быть удобнымъ для переноски, или достаточно легокъ, и, по возможности, менѣе подвергаться поврежденіямъ.

Устройство мензулъ крайне разнообразно: различіе касается только штатива, такъ какъ планшетная доска у всѣхъ мензулъ одинакова.

Изъ наиболѣе употребительныхъ мензулъ рассмотримъ слѣдующія:

Старая Мюнхенская, Мюнхенская усовершенствованная Рейссига, Стефана, Блокъ-мензула, Брейтгаупта.

Мюнхенская Рейссига (черт. 219 и 220). Штативъ имѣетъ слѣдующее устройство: въ нижней части круглой доски *A* находятся полуцилиндрическія гнѣзда, въ которыя вкладывается верхними закругленными концами ножки штатива *x*. Сквозь головку ножки проходитъ ось вращенія ея *p*, обхватываемая кольцомъ съ болтомъ *q*, который проходитъ чрезъ вертикальное отверстіе доски *A* и закрѣпляется гайкой *d*.

На круглую доску накладывается треугольная доска *B*, составная изъ трехъ дощечекъ; она имѣетъ вертикальныя гнѣзда для выдающихся винтовъ *q*.

Въ углахъ доски *B* сдѣланы отверстія, въ которыхъ закрѣплены цилиндры *u* съ винтовой нарѣзкой для подъемныхъ винтовъ *a, a, a*. Каждый цилиндръ имѣетъ вертикальный разрѣзъ *и*, вслѣдствіе этого, діаметръ его можетъ быть увеличенъ и уменьшенъ при помощи винта *t*, отчего вращеніе подъемныхъ винтовъ можетъ быть сдѣлано слабѣе, или туже.

Чрезъ средину доски *B* проходитъ закрѣпленный при ней пустой цилиндръ *E*.

На подъемные винты накладывается верхняя часть штатива, состоящая изъ двухъ досокъ—круглой *C* и продолговатой *D*.

Черезъ средину доски *C* проходить, закрѣпленный при ней, пустой цилиндръ *O*, снизу закругленный; на выдающійся верхъ этого цилиндра надѣвается доска *D* и закрѣпляется гайкою *ff* ввинчиваемою въ цилиндръ *O*. Доска *D* вращается на цилиндрѣ *O*, какъ на оси. Для уменьшенія тренія между досками *D* и *C*, между ними помѣщаются три тонкіе кружка изъ латуни.

При доскѣ *D* закрѣплена скоба *i*, а при кругѣ *C* скоба *k*, соединенныя микрометрическимъ винтомъ *q*, вращеніемъ котораго доска *D* сообщается небольшое движеніе около вертикальной оси.

Винтъ *q* составляетъ одно цѣлое съ шарикомъ, вращающимся въ шарообразномъ гнѣздѣ скобы *i* и ввинчивается въ другой шарикъ, сжимаемый скобою *k*.

Черезъ цилиндръ *E* и прорѣзъ въ доскѣ *A* проходитъ становой винтъ *z*, оканчивающійся вверху яблокомъ, лежащимъ въ шарообразномъ гнѣздѣ цилиндра *O*. На яблоко накладывается деревянный кружокъ *n*, а на послѣдній спиральная пружина, упирающаяся верхнимъ концомъ своимъ въ гайку *ff*.

На нарѣзки становаго винта *z*, снизу, навинчивается гайка—рукоять *m*, посредствомъ которой верхняя часть подставки плотно притягивается къ подъемнымъ винтамъ *a*.

Чтобы круглая доска *C* плавно вращалась на вертикальной оси на оконечностяхъ подъемныхъ винтовъ, послѣднимъ дано особое устройство: на закругленный верхній конецъ каждого подъемнаго винта (черт. 221) наложенъ своимъ шарообразнымъ углубленіемъ кружокъ *e*, сквозь прорѣзъ котораго проходитъ небольшой винтъ *q*, закрѣпляемый въ стержнѣ подъемнаго винта. Отверстіе въ кружкѣ *e* шире стержня этого винта, равно какъ и шарообразное углубленіе кружка шире оконечности подъемнаго винта *a* (поэтому кружокъ *e* можетъ свободно уклоняться во всѣ стороны около винта и черезъ это плотно прилегать своею верхней плоскостью къ кругу *C*).

Продолговатая доска *D* состоитъ изъ прямоугольной рамы *abcd* (черт. 222), въ срединѣ ея закрѣплена доска *m*, которою доска *D* накладывается на штативъ. Доска *D* дѣлается по 6. ч. сплошною.

На доску *D* (черт. 219) кладется мензульная доска и закрѣпляется при ней 2-мя деревянными скобами *MN* посредствомъ винтовъ *h*, ввинчиваемыхъ въ гайки, врѣзанныя въ мензульной доскѣ снизу.

Изъ этого описанія видно, что если (черт. 219 и 220) рукоять гайки *m* будетъ отвинчена, то кругу *C* вмѣстѣ съ закрѣпленными при немъ частями можно сообщить грубое движеніе около яблока становаго винта. По закрѣпленіи гайки *m* кругъ *C* приходитъ въ неподвижное

положеніе, а доскѣ D можно сообщить малое движеніе около вертикальной оси микрометрическимъ винтомъ q .

По ослабленіи винтовъ h и h , мензультную доску H можно передвигать по доскѣ D.

Старая Мюнхенская мензула отличается отъ усовершенствованной Рейссига устройствомъ треножника, станогого и подъемныхъ винтовъ. если не считать менѣ важныхъ деталей.

Треножникъ устроенъ такъ, что по закрѣпленіи винтовъ, прикрѣпляющихъ ножки къ нижней доскѣ штатива, свободное вращеніе ихъ прекращается, поэтому, при каждой установкѣ мензулы, приходится ослаблять и закрѣплять гайки винтовъ.

Становой винтъ не оканчивается яблокомъ, а винтовой наръзкой и ввинчивается въ верхнюю доску C.

Подъемные винты оканчиваются не кружкомъ e (черт. 221), а закругленіемъ стержней, такъ что верхняя часть штатива покоится не на трехъ плоскостяхъ, какъ въ мензулѣ Рейссига, а на трехъ точкахъ. Такое устройство лишаетъ ст. мюнхенскую мензулу устойчивости, плавности движеній составныхъ частей и успѣшности работы ею.

Мензула Стефана. Штативъ ея (черт. 223) состоитъ изъ трехъ равнобедренныхъ прямоугольныхъ треугольниковъ A, B и C изъ литой мѣди, соединенныхъ одинъ съ другимъ посредствомъ шарнировъ и винтовъ M и N. Къ нижнему треугольнику прикрѣпляются ножки, а къ верхнему—толстый деревянный кругъ D, который становымъ винтомъ Q прикрѣпляется къ мензультной доскѣ.

Нижній треугольникъ A (черт. 224 и 225) имѣетъ свои бока a, a , обточенными въ видѣ цилиндровъ, они служатъ осями вращенія ножекъ S. Для прикрѣпленія ножекъ берется толстый листъ латуни (шириною равный длинѣ оси вращенія ножекъ) и загибается около бока треугольника. Винты p, p и P, P соединяютъ латунный листъ съ ножкой. При переноскѣ и перевозкѣ, отвинтивъ винты p, p и P, P , можно снять ножки.

На верхней поверхности нижняго треугольника, на катетѣ AA', устроены два шарнира A и A', которыми нижній треугольникъ соединяется съ катетомъ BB' средняго треугольника. При точкѣ A' находится подъемный винтъ N, допускающій вращеніе всего треугольника около BB'.

Средній треугольникъ имѣетъ также два шарнира при B, B'' и подъемный винтъ M при точкѣ B'.

Шарниры соединяютъ средній треугольникъ съ верхнимъ, а винтъ M позволяетъ движеніе треугольника CC'C'' около CC'', какъ около оси.

Верхній треугольникъ $CC'S''$ (на черт. 226-мъ съ дерев. кругомъ D) отличается отъ другихъ двухъ тѣмъ, что онъ дѣлается въ видѣ сектора $CC'EC''$, вылитого изъ мѣди, съ двумя брусками EE' и CF и двумя дугами g и g' .

Скобы S , S' и S'' придерживаютъ секторъ при кругѣ D , причемъ при скобѣ S' устроенъ микрометрическій винтъ R . Въ центрѣ круга D дѣлается цилиндрическое отверстіе y для становаго винта Q (черт. 223 и 226), который прихватываетъ къ доскѣ D продолговатую доску, а ужъ эта послѣдняя соединяется съ планшетной доской при помощи скобъ, какъ и въ мензулѣ Рейссига.

Мензула Стефана принадлежитъ по устройству къ лучшимъ мензуламъ: широкая подставка ея представляетъ твердую опору мензульной доскѣ; движеніе всѣхъ частей ея независимы одно отъ другаго; приведеніе доски въ горизонтальное положеніе производится скорѣе, чѣмъ въ другихъ мензулахъ и, кромѣ того, не требуетъ предварительнаго ослабленія становаго винта. Недостатокъ ея только одинъ — она довольно тяжела, сравнительно съ прочими типами мензулъ.

Блокъ-мензула (черт. 227). Къ доскѣ AA винтами a , a , привинчивается круглая мѣдная пластинка BB съ цилиндрической втулкой bb , которая надѣвается на мѣдный стержень D , сдѣланный изъ одного куска металла съ кругомъ KK . Кругъ KK винтами ff соединяется съ круглой деревянной доской FF , въ этой доскѣ сдѣланы вертикальныя гнѣзда для болтовъ m , закрѣпляемыхъ гайками n , соединяющими ножки съ штативомъ.

Въ кругѣ FF вправлена мѣдная втулка G съ винтовой нарезкой. Становой винтъ L , ввинчивается въ эту нарезку и прикрѣпляетъ штативъ къ треножнику.

Къ кругу FF прикрѣплено кольцо hh , въ ушки котораго проходитъ винтъ M ; сверху этого кольца лежитъ другое кольцо u , сжимающееся винтомъ N .

Скобы микрометрическаго винта прикрѣплены одна къ кругу F , другая къ кольцу u .

Кольца hh и uu имѣютъ такой діаметръ, чтобы втулка bb свободно входила въ нихъ.

По закрѣпленіи винтовъ N и M доска AA будетъ неподвижна; малое движеніе можно придавать ей посредствомъ микрометрическаго винта R .

Главный недостатокъ Блокъ-мензулы тотъ, что у нея нѣтъ подвижныхъ винтовъ, почему и трудно приводить планшетную доску въ горизонтальное положеніе.

Повѣрка мензулы.

Въ хорошо устроенной мензулѣ должны быть выполнены слѣдующія условія:

- 1) *Верхняя поверхность доски должна быть плоскость.*
- 2) *Плоскость планшетной доски должна быть перпендикулярна къ оси вращения.*
- 3) *Движеніе доски около оси должно быть легко и плавно.*
- 4) *Послѣ закрѣпленія доска не должна измѣнять своего положенія отъ перестановки по ней вспомогательныхъ инструментовъ и прикосновенія къ ней сѣмичика.*

Повѣрка этихъ условій производится слѣдующимъ образомъ:

1) Край вывѣренной линейки прикладываютъ въ нѣсколькихъ мѣстахъ планшетной доски; если вездѣ край линейки всѣми точками совпадаетъ съ поверхностью доски, то таковая—плоскость.

2) На планшетную доску ставятъ уровень и приводятъ средину пузырька на средину трубки (уклоненіемъ доски при помощи подъемныхъ винтовъ); затѣмъ поворачиваютъ доску на оси на 180° и если при этомъ пузырекъ уровня будетъ также занимать средину трубки, то верхняя поверхность доски перпендикулярна къ своей оси вращения.

3) Испытываютъ движеніе доски: какъ грубое безъ закрѣпленія становымъ винтомъ, такъ и микрометрическое—по закрѣпленіи; если вращеніе доски въ томъ и другомъ случаѣ легко и плавно, то условіе выполнено.

4) Установивъ мензулу, визируютъ на какую нибудь точку и проводятъ по краю линейки визирнаго инструмента черту; затѣмъ передвигаютъ визирный инструментъ по доскѣ въ нѣсколькихъ направленіяхъ и снова совмѣщаютъ край его съ проведенной чертой; если линія визирования совпадетъ съ отмѣченной раньше точкой, то слѣдов., мензула достаточно устойчива и не выходитъ изъ даннаго ей положенія.

Принадлежности мензулы.

При мензулѣ необходимы приборы, посредствомъ которыхъ: 1) *мензульная доска могла приводиться въ горизонтальное положеніе*; 2) *уставливалась надъ данной точкой на мѣстности*; 3) *можно было бы визировать на данныя точки и назначать ихъ на планшетной доскѣ, и 4) определять румбы или азимуты направленій.*

1) *Уровень* употребляется для приведения планшетной доски въ горизонтальное положеніе слѣдующимъ образомъ: ставятъ уровень на доскѣ по направленію двухъ подъемныхъ винтовъ и дѣйствуютъ ими, чтобы середина пузырька заняла средину трубки; затѣмъ уровень ставятъ перпендикулярно первому положенію и вновь придаютъ пузырьку срединное положеніе. Далѣе, уровень опять ставится въ первое положеніе, потомъ во второе и т. д. пока, при перестановкѣ уровня по всѣмъ направленіямъ планшетной доски, вездѣ середина пузырька будетъ занимать средину трубки.

Если данъ *круглый* уровень (черт. 228), то онъ ставится на срединѣ доски и дѣйствіемъ подъемныхъ винтовъ пузырекъ также переводится на средину сосуда.

2) *Вилка съ отвѣсомъ*. Точки на мензулѣ устанавливаются отвѣсно надъ соответствующими имъ точками на мѣстности при помощи прибора, называемаго вилкою съ отвѣсомъ (черт. 229). Вилка состоитъ изъ двухъ параллельныхъ брусковъ *a* и *b*, связанныхъ третьимъ *c*.

Къ концу бруска *a* прикрѣпленъ мѣдный штифтъ *d*, а къ нижнему бруску *b*, отвѣсно штифту *d*, привязанъ шнуръ съ отвѣсомъ.

Установка точки на мензулѣ отвѣсно надъ соответствующей ей точкой мѣстности производится такимъ образомъ: вводятъ планшетную доску между брусками *a* и *b*, чтобы штифтъ *d* (черт. 230) пришелся какъ разъ на данной точкѣ на планшетной доскѣ и мензулу переставляютъ затѣмъ такъ, чтобы шнуръ съ отвѣсомъ былъ при соответствующей точкѣ мѣстности.

Такъ какъ уклоненіе точки на доскѣ отъ точки на мѣстности равное 0,001 дюйма незаметно для глаза, а 0,001 дюйма на бумагѣ въ планѣ для 100-го масштаба = 8,4 дюйм. на мѣстности

"	50-го	"	= 4,2	"	"
"	25-го	"	= 2,1	"	"

а съ такою точностью можно и на глазъ установить данную точку на доскѣ надъ соответствующей точкой мѣстности, то, по большей части, мензурная вилка не употребляется при масштабахъ 25-мъ, 50-мъ и 100-мъ, а только при съемкѣ въ болѣе крупныхъ масштабахъ.

Мензурная буссоль служитъ: 1) для приведенія мензулы въ определенное положеніе; 2) для опредѣленія румбическихъ угловъ линій визированія; 3) для провѣшиванія линій подъ данными румбами.

Мензурная буссоль (черт. 231) представляетъ цилиндрическую коробку, дюйма 4 въ діаметрѣ и около $1\frac{1}{2}$ дюйма вышины.

На высеребренномъ кольцѣ внутри коробки нанесены дѣленія отъ 0^0 до 90^0 такимъ образомъ: посрединѣ коробки проходитъ діаметръ ab , на обоихъ концахъ котораго назначается 0^0 , отъ нулей въ обѣ стороны идутъ дѣленія до 90^0 .

Въ срединѣ коробки утверждена на шпиль магнитная стрѣлка.

Дно буссоли выдается въ одну сторону и ограничивается прямою линією АВ; край АВ долженъ быть параллеленъ діаметру ab , проходящему чрезъ 0^0 дѣленія.

Отъ мензульной буссоли какъ и отъ всякой буссоли, требуется соблюденіе слѣдующихъ условій:

- 1) *Не содержитъ-ли буссоль желѣза.*
- 2) *Вѣрны-ли дѣленія лимба.*
- 3) *Уравновѣшены-ли магнитная стрѣлка.*
- 4) *Не имѣетъ-ли стрѣлка эксцентрицизма.*
- 5) *Достаточно-ли острѣ шпиль и чувствительна-ли магнитная стрѣлка.*
- 6) *Параллеленъ-ли діаметръ ab съ краемъ АВ.*

Пять первыхъ условій повѣряются какъ и во всякой другой буссоли (см. отд. „Буссоли“).

6-е условіе повѣряется такимъ образомъ: приводятъ мензулу въ горизонтальное положеніе, ставятъ на ней визирный снарядъ и направляютъ линію визирования на какой либо отдаленный предметъ; послѣ этого къ линейкѣ визирнаго снаряда прикладываютъ буссоль краемъ АВ, протягиваютъ чрезъ линію ab нить (или при концахъ ab ставятъ булавки) и если она укажетъ при визированіи чрезъ нее на тотъ же предметъ, то можно считать, что линія ab параллельна краю АВ.

1) Обыкновенно на планшетной доскѣ за направленіе магнитнаго меридіана принимается край ея.

Для установки края доски по магнитному меридіану. поступаютъ такъ: (черт. 232) прикладываютъ буссоль краемъ АВ къ краю доски и, ослабивъ становой винтъ, вращаютъ доску до тѣхъ поръ, пока стрѣлка укажетъ на 0^0 ; тогда закрѣпляютъ становой винтъ и исправляютъ грубую установку микрометрическимъ винтомъ. (Мензула должна быть предварительно приведена въ горизонтальное положеніе).

Если же требуется совмѣстить край доски съ направленіемъ географическаго меридіана, то, приложивъ буссоль краемъ АВ къ краю доски (черт. 232), вращаютъ доску около оси до тѣхъ поръ, пока стрѣлка концомъ n не приметъ существующаго для данной мѣстности въ данное время угла склоненія.

Напр., если склонение восточное 10^0 , то вращают мензурную доску до тѣхъ поръ, пока магнитная стрѣлка съ линією *ab* не образуетъ уголъ $= 10$ (причемъ сѣв. конецъ стрѣлки отклонится вправо отъ *ab*).

Совмѣщеніе края планшетной доски съ плоскостью магнитнаго или истиннаго меридіана наз. *ориентированіемъ* мензулы по меридіану.

2) *Опредѣленіе величины румбическихъ угловъ* данныхъ линій на мѣстности, при помощи мензурной буссоли, производится такимъ образомъ: ставятъ мензулу на той линіи, румбъ которой требуется опредѣлить, направляютъ коллимаціонную плоскость визирнаго снаряда по этой линіи, къ линейкѣ визирнаго снаряда прикладываютъ буссоль краемъ АВ и отсчитываютъ уголъ показываемый стрѣлкой.

3) *Если требуется при данной точкѣ провести линію подъ опредѣленнымъ румбомъ*, то ставятъ мензулу въ этой точкѣ, къ линейкѣ визирнаго снаряда прикладываютъ краемъ АВ буссоль и вращаютъ визирный снарядъ съ буссолью до тѣхъ поръ, пока линія *ab* съ магнитной стрѣлкой не образуетъ требуемаго угла; тогда по направленію діоптровъ визирнаго снаряда проводятъ линію, она будетъ искомою.

Алидада съ діоптрами.

Для визирования на точки и проведенія линій на доскѣ, соответствующихъ линіямъ на мѣстности, употребляется приборъ, называемый алидадой.

Алидада состоитъ изъ мѣдной линейки со скошенными краями (длинною равная длинѣ планшетной доски) и двухъ діоптровъ, закрѣпленныхъ при концахъ линейки (черт. 233).

Каждый діоптръ можетъ быть и глазнымъ и предметнымъ.

На линейкѣ прикрѣпляется уровень и наносится масштабъ.

Отъ вѣрно устроенной алидады требуется соблюденіе слѣдующихъ условій:

1) *Нижняя поверхность линейки должна представлять собою плоскость, а скошенный край — прямую линію.*

2) *Коллимаціонныя плоскости должны быть перпендикулярны къ нижней плоскости линейки.*

3) *Обѣ коллимаціонныя плоскости должны быть или параллельны другъ другу, или совмѣщаться.*

4) *Коллимаціонныя плоскости должны быть параллельны краю линейки.*

Повѣрка этихъ условій производится слѣдующимъ образомъ:

1) Совмѣщаютъ нижнюю поверхность линейки съ какою либо вѣрною плоскостью, если соприкосновеніе происходитъ во всѣхъ точкахъ, то испытываемая поверхность линейки—плоскость.

Для повѣрки скошеннаго края, проводятъ по нему на бумагѣ черту, затѣмъ линейку прикладываютъ съ другой стороны черты, но тѣмъ же краемъ, и если край линейки совпадетъ съ чертой во всѣхъ точкахъ, то условіе выполнено.

2) На приведенной въ горизонтальное положеніе мензулѣ ставятъ алидаду, а не вдалекѣ вѣшаютъ шнуръ съ отвѣсомъ (или берутъ отвѣсную линію въ натурѣ—уголь зданія напр.), если при визированіи на отвѣсъ волосокъ вездѣ совпадаетъ съ нимъ, то коллимаціонная плоскость перпендикулярна къ нижней плоскости линейки. Въ противномъ случаѣ надобно измѣнить положеніе коллимаціонной плоскости (подъ діоптры положить бумаги, если они отъемные; если же скрѣплены неподвижно—отдать механику для исправленія). Если обѣ коллимаціонныя плоскости не перпендикулярны къ нижней плоскости линейки, то необходимо исправить хотя одну и работать только ею.

3) Направляютъ одну коллимаціонную плоскость на какой нибудь отдаленный предметъ; потомъ, проведя около линейки черту, снимаютъ алидаду и переставляютъ ее краемъ линейки къ другой сторонѣ черты; если и другая коллимаціонная плоскость укажетъ на тотъ же предметъ—то условіе выполнено. (Если же коллимаціонныя плоскости не параллельны и не совпадаютъ, то работаютъ только одной).

4) Направляютъ алидаду на какую либо отвѣсную линію, (предварительно приведя доску въ горизонтальное положеніе), проводятъ по краю линейки черту на доскѣ, ставятъ на концахъ черты 2 булавки, или иголки, и визируютъ черезъ нихъ; если линія визированія черезъ булавки укажетъ на ту-же отвѣсную линію, то условіе выполнено.

Если при повѣркѣ окажется, что только одна коллимаціонная плоскость вѣрна, то при работахъ пользуются лишь вѣрною. Коллимаціонная плоскость большею частью параллельна краю линейки, а не совпадаетъ съ нимъ; это обстоятельство не мѣшаетъ работѣ и не вводитъ въ ошибку. Такъ напр., (черт. 234) при точкѣ *a* нужно начертить уголь, который лежитъ между направленіями на точки *A* и *B*. Приставивъ въ точкѣ *a* алидаду такъ, чтобы направленіе было произведено на *A*, визируютъ на линію *CA* и по краю линейки проводятъ черту *ad*; не отнимая края линейки отъ точки *a*, направляютъ на *B* линію визированія *CB*, а по краю линейки проводятъ линію *ae*. Такъ какъ коллимаціонныя плоскости параллельны краю линейки, то линія *CA* $\parallel$ *ad* и *CB* $\parallel$ *ae* слѣдоват., уголь $ACB =$ углу *dae*.

Хотя алидада по своему простому устройству и представляет нѣкоторыя удобства, но работа ею не особенно рекомендуется по причинѣ слѣдующаго:

- 1) Точность визирования чрезъ діоптры зависитъ:
 - а) *отъ ширины отверстія глазного діоптра,*
 - б) *отъ толщины волоска предметнаго діоптра,*
 - в) *отъ разстоянія между діоптрами.*

Если отверстіе глазного діоптра велико, то при визированіи на предметъ происходитъ такъ называемый параллаксъ, т. е., съ передвиженіемъ глаза вправо или влево волосокъ представляется сходящимъ съ предмета.

Если же отверстіе слишкомъ мало, то предметъ кажется не яснымъ, такъ какъ мало лучей отъ него попадаетъ въ глазъ наблюдателя.

Также на точность работы вліяетъ толщина волоска: пусть (черт. 235) визируютъ изъ точки *a* чрезъ діаметръ волоска *bc*; на нѣкоторомъ разстояніи волосъ закроетъ величину *DE*, которая будетъ тѣмъ больше, чѣмъ больше діаметръ волоска. Ошибка отъ параллакса и толщины волоска находится въ зависимости и отъ разстоянія между діоптрами; чѣмъ послѣднее больше, тѣмъ ошибка меньше (минимумъ разстоянія между діоптрами принимается = 9 дюймамъ).

Профессоръ Вѣнскаго Технологическаго Института Штампферъ напелъ что 1) *Точность визирования = 10"—15"*,

2) *Чрезъ отверстіе глазного діоптра въ глазъ идетъ меньше лучей, чѣмъ въ открытый зрачекъ, вслѣдствіе чего предметы представляются не ясно и иногда совсѣмъ не видны,*

3) *Близкій къ глазу волосокъ и отдаленный предметъ представляются съ различною ясностью, вслѣдствіе этого совмѣщеніе ихъ не можетъ быть точно,*

4) *Алидада съ діоптрами во время работы ею стоитъ на мензульной доскѣ, приведенной въ горизонтальное положеніе, слѣдовательно, ею неудобно визировать на предметы, расположенные выше или ниже плоскости планшетной доски.*

Вслѣдствіе всѣхъ этихъ неудобствъ при мензулѣ употребляютъ вмѣсто алидады съ діоптрами, алидаду съ зрительной трубой, т. е., кипрегель.

К и п р е г е л ь .

Это есть алидада, у которой діоптры замѣнены зрительной трубой; онъ состоитъ изъ линейки съ колонною и зрительной трубы.

Линейка длиною отъ 14 до 28 дюйм. имѣетъ съ одной стороны выступъ видѣ трапеціи (черт. 236), на который прикрѣпляется колонна

своей нижней шестиугольной доской G—тремя винтами, такимъ образомъ: винтъ А служить какъ бы центромъ вращенія доски G, (ширина отверстія въ доскѣ G, куда проходитъ винтъ А, бѣльшая чѣмъ діаметръ винта). Винтъ В, упираемый съ боковъ винтами С и D, также свободно входитъ въ отверстіе; при помощи ихъ доска G можетъ быть передви-гаема въ горизонтальной плоскости въ одну и другую сторону.

Винтъ F прикрѣпляетъ доску G съ третьей стороны; при помощи винта E, который проходитъ сквозь доску и упирается въ линейку, возможно дать доскѣ G вращеніе въ вертикальной плоскости, т. е., поднимать и опускать ея край относительно линейки H. (Всякое передвиженіе доски G передается и колоннѣ, а слѣдовательно, и трубѣ, какъ соединенной съ нею).

Къ мѣсту J на доскѣ G придрѣлана наглухо отвѣсно стоящая колонна, а къ ней уже зрительная труба (черт. 237 и 238).

Колонна сверху оканчивается полымъ цилиндромъ ss перпендикулярнымъ къ оси колонны. Ось вращенія зрительной трубы проходитъ черезъ цилиндръ ss и оканчивается винтомъ t. Для закрѣпленія оси вращенія трубы служить нажимательный винтъ x.

Къ трубѣ прикрѣпленъ уровень Q для приведенія ея оси въ горизонтальное положеніе.

Если кипрегель служить и для опредѣленія угловъ наклоненія линій, то къ трубѣ придрѣлывается еще секторъ R съ градусными дѣленіями, а къ колоннѣ нониусъ P.

Зрительная труба кипрегеля представляетъ полный металлическій цилиндръ, въ которомъ находятся два двояковыпуклыхъ стекла: (черт. 240) *предметное*—DE, обращенное къ предмету AB и *глазное* GH—при глазѣ наблюдателя O.

Отъ предмета AB идутъ лучи: отъ верхней точки A—AD, AC и AE, пройдя стекло DE, дадутъ въ пересѣченіи точку a; отъ нижней точки B—лучи BD, BC и BE, пройдя чрезъ стекло DE, дадутъ въ пересѣченіи точку b; иначе говоря, на нѣкоторомъ разстояніи отъ стекла DE получится въ ab изображеніе предмета AB въ обратномъ видѣ.

Если на фокусномъ разстояніи отъ ab помѣстить двояковыпуклое стекло GH, то лучи, идущіе отъ изображенія ab, будутъ выходить изъ стекла параллельно и если ихъ собрать на экранѣ, то на немъ получится изображеніе ab въ прямомъ видѣ (т. е., AB—въ обратномъ).

Экраномъ при наблюденіи служитъ сѣтчатая оболочка глаза, такъ что глазъ получаетъ впечатлѣніе изображенія предмета въ обратномъ видѣ.

Круговое пространство, видимое въ трубу, называется *полемъ зрѣнія трубы*. Чѣмъ больше діаметръ предметнаго стекла, тѣмъ поле зрѣнія больше.

Очевидно, что при визированіи черезъ трубу, предметъ будетъ виденъ яснѣе, такъ какъ на стекло трубы падаетъ больше лучей чѣмъ въ зрачекъ глаза непосредственно.

Зрительныя трубы, въ которыхъ предметы видны въ обратномъ видѣ (снабженныя двумя стеклами) называются астрономическими. Эти трубы по легкости своей и малосложности употребляются преимущественно въ геодезическихъ инструментахъ.

Для опредѣленія степени увеличенія стекла зрительной трубы сравниваютъ величины угловъ — $\angle ACB$ (уголъ, подъ которымъ виденъ предметъ простымъ глазомъ) и $\angle bca$ (уголъ, подъ которымъ изображение предмета разсматривается чрезъ стекло GH); это увеличеніе равно отношенію фокусныхъ разстояній предметнаго и глазнаго стеколъ.

Обыкновенно зрительная труба (черт. 237 и 239-й) состоитъ изъ двухъ колѣнъ: *объективнаго или предметнаго* M съ стекломъ q , и *окулярнаго или глазнаго* K съ стекломъ n . Стекло q большаго діаметра, чѣмъ n .

Въ нѣкоторомъ разстояніи отъ q расположена *диафрагма* d (кольцо, окрашенное въ черную краску), предназначенная для задержанія боковыхъ лучей, проходящихъ чрезъ стекло далеко отъ центра его, преломляющихся и создающихъ такъ называемую *сферическую абберацию* (т. е., не всѣ лучи пересекутся въ одной точкѣ p оси (черт. 240), а дальше или ближе таковой, вслѣдствіе чего изображение предмета будетъ не ясно).

Кромѣ сферической абберации существуетъ еще *ахроматическая абберация*. Она происходитъ отъ разложенія свѣтовыхъ лучей на цвѣта спектра, такъ что изображение предмета бываетъ окружено радужной каймой, слѣдов., неясно представляется глазу наблюдателя.

Чѣмъ больше радіусъ сферической поверхности стекла, тѣмъ слабѣе это явленіе; но при большомъ радіусѣ (т. е., малой кривизнѣ стекла) изображение получается дальше отъ стекла, слѣдоват., должна увеличиться и длина трубы; слишкомъ же длинныя трубы неудобны при переноскѣ.

Для уничтоженія ахроматической абберации устраиваютъ предметное стекло сложнымъ изъ двухъ стеколъ различнаго вида и плотности: одно двояко-выпуклое изъ чистаго зеркальнаго стекла, *кронгласа*, другое вогнутое изъ *флинтгласа* (къ зеркальному стеклу прибавлено свинцовой окиси). Оба стекла отдѣляются другъ отъ друга кольцомъ изъ фольги; такое сложное стекло называется *ахроматическимъ*.

Окулярное колѣно свободно двигается въ объективномъ, для болѣе удобнаго выдвиганія его на немъ укрѣплена зубчатая полоска a , зуб-

цы которой захватываются зубцами шестерни *w*; вращеніемъ этой шестерни можно вдвигать и выдвигать окулярное колѣно.

Въ окулярномъ колѣнѣ въ фокусѣ глазнаго стекла помѣщается *сѣтка* *b*. Она состоитъ изъ двухъ пересѣкающихся нитей (волосковъ, металл. проволоки или паутины) *тп* и *хр*, прикрепленныхъ къ кольцу (черт. 241). Иногда кружокъ сѣтки дѣлается изъ стекла, на которомъ вмѣсто нитей — легкіе нарѣзы.

Прямая, проходящая чрезъ точку пересѣченія нитей и оптический центръ предметнаго стекла, называется *оптической осью трубы*.

Ось цилиндра зрительной трубы называется *геометрической осью*.

Чтобы сѣтка представлялась ясно для каждаго глаза, дѣлають кольцо сѣтки подвижнымъ, но въ трубахъ новѣйшаго устройства сѣтка укрѣплена въ окулярномъ колѣнѣ неподвижно, а измѣняется положеніе глазнаго стекла относительно сѣтки.

Такъ или иначе устроенная сѣтка можетъ измѣнять свое положеніе въ вертикальной плоскости при помощи винтовъ *b*, *b*, *b*, *b* (черт. 241), проходящихъ сквозь стѣнку трубы и ввинчивающихся въ кольцо сѣтки.

Дѣйствіемъ этихъ винтовъ можно передвигать пересѣченіе нитей вверхъ и внизъ, вправо и влево въ одной вертикальной плоскости.

Отъ хорошей зрительной трубы требуется:

- 1) *Сходство и ясность изображенія.*
- 2) *Надлежащее увеличиваніе.*
- 3) *Центрированіе объектива.*

Испытаніе этихъ условій производится слѣдующимъ образомъ:

1) На разстояніи 40—50 саж. отъ инструмента ставятъ бѣлую доску съ нарисованными на ней правильными черными фигурами дюйма $1\frac{1}{2}$ —2 въ измѣреніи (черт. 242); если изображенія этихъ фигуръ, при наблюденіи черезъ трубу представляются совершенно черными, окруженными синей каймой и не измѣняютъ своей формы, то труба имѣетъ надлежащую ясность; если же изображенія представляются глазу растянутыми или сжатыми и окружены красной, желтой или зеленой каймой, то труба не годна для работы.

2) Для *повѣрки* увеличиванія трубы употребляется *рейка* т. е. брусъ съ дѣленіями: она ставится вертикально на нѣкоторомъ разстояніи отъ инструмента, на нее направляютъ трубу и замѣчаютъ на глазъ — во сколько разъ дѣленіе рейки, наблюдаемое черезъ трубу, больше дѣленія, наблюдаемаго простымъ глазомъ.

3) Центрированіе объектива, т. е., приведеніе оптической оси трубы въ соваденіе съ геометрической осью, производится слѣдующимъ обра-

зомъ: снимають трубу съ инструмента, кладутъ на двѣ рогатки, направляютъ на какую нибудь точку на предметѣ и вращаютъ ее около геометрической оси; если пересѣченіе волосковъ сѣтки не описываетъ круга около отмѣченной точки на предметѣ, а остается неподвижнымъ, то условіе выполнено. Въ противномъ случаѣ перемѣщаютъ пересѣченіе волосковъ сѣтки вправо и влево, вверхъ и внизъ до тѣхъ поръ, пока не будетъ соблюдено это условіе.

Предъ визированіемъ на точки необходимо установить пересѣченіе волосковъ сѣтки такъ, чтобы они ясно и рѣзко представлялись глазу, т. е., установить сѣтку въ фокусѣ окуляра.

Устанавливаютъ сѣтку относительно объектива (движеніемъ окулярнаго колѣна) такъ, чтобы изображеніе *ab* (черт. 240) получилось на плоскости сѣтки безъ параллакса.

Параллаксъ нитей. Это явленіе происходитъ отъ неточнаго совмѣщенія плоскости сѣтки съ изображеніемъ предмета въ трубѣ.

Пусть (черт. 243) точка *b*—пересѣченіе нитей, *a*—не совмѣщенное съ нимъ изображеніе предмета. Когда глазъ наблюдателя находится въ точкѣ В, т. е., на прямой линіи *Vba*, точка *b* покажется совмѣщенной съ *a*; если же глазъ отодвинется въ одну или другую сторону, то точка *a* будетъ казаться отходящею отъ *b* въ ту же сторону: знакъ, что изображеніе предмета *a* находится впереди пересѣченія волосковъ сѣтки. Слѣдоват., для уничтоженія погрѣшности, необходимо вдвинуть окулярное колѣно въ объективное, т. е., приблизить сѣтку къ изображенію предмета.

Если (черт. 243) точка *a* пересѣченіе волосковъ сѣтки, а *b* изображеніе предмета, при точкѣ В глазъ наблюдателя, то точка *a* представится совмѣщенной съ *b*; при отклоненіи глаза въ сторону А или С, точка *b* будетъ казаться отходящею отъ *a* въ сторону противоположную отклоненію глаза: знакъ, что для уничтоженія параллакса необходимо окулярное стекло выдвинуть изъ объективнаго колѣна.

Очевидно, что если плоскость сѣтки и изображеніе предмета совмѣщены въ точкѣ *b*, то, какъ бы ни отклоняли глазъ вправо и влево, вверхъ и внизъ, это совмѣщеніе остается неизмѣннымъ.

Повѣрка кипрегеля.

Отъ правильнаго кипрегеля требуется выполненіе слѣдующихъ условій:

- 1) *Нижняя поверхность линейки должна быть плоскостью.*
- 2) *Край линейки долженъ быть прямолинейнъ.*
- 3) *Оптическая ось трубы—перпендикулярна къ оси вращенія.*

4) *Ось вращенія трубы—параллельна нижней плоскости линейки.*

5) *Оптическая ось трубы, при вращеніи, должна описывать плоскость перпендикулярную нижней плоскости линейки.*

6) *Плоскость, описываемая оптической осью трубы при ея вращеніи, должна быть параллельна краю линейки или совпадать съ нею.*

1-е и 2-е условія повѣряются точно также какъ въ алидадѣ съ діоптрами.

3) Ставятъ кипрегель на мензурную доску, приведенную въ горизонтальное положеніе, наводятъ пересѣченіе нитей сѣтки на какую нибудь точку, взятую на горизонтальной линіи (карнизъ зданія, конекъ крыши и т. под.), и проводятъ по краю линейки черту.

Затѣмъ совмѣщаютъ край линейки кипрегеля съ чертой, съ другой ея стороны, переводятъ трубу чрезъ зенитъ (обращаютъ ее на 180° въ вертикальной плоскости) и опять визируютъ на ту же горизонтальную линію. Если пересѣченіе волосковъ сѣтки займетъ прежнее положеніе на линіи, то ось оптическая перпендикулярна къ оси вращенія; если же, при второмъ направленіи, линія визирования укажетъ новую точку, то оси не перпендикулярны и положеніе одной изъ нихъ нужно измѣнить.

Этому измѣненію подвергается оптическая ось перемѣщеніемъ пересѣченія волосковъ сѣтки вправо или влѣво при помощи винтовъ b , b , b , b (черт. 241).

Пусть (черт. 244) ab и $a'b$ ось вращенія трубы; nm , $n'm'$ оптическая ось трубы; qs край линейки кипрегеля. При первомъ положеніи на горизонтальной линіи отмѣчена точка M , при второмъ N . Линія Ob (точка O , середина MN) будетъ перпендикулярна ab по слѣдующему: $\angle m'ba = \angle mba'$ (какъ одинъ и тотъ же уголь, составленный осями—оптической и вращенія), $\angle x = z$ (какъ половины $\angle MbN$ при вершинѣ равнобедреннаго треугольника, раздѣленнаго линіей ob) поэтому $\angle m'ba + \angle x = \angle mba' + \angle z$, или $\angle abS = \angle Sba'$, послѣдніе по положенію смежныя, слѣдов., прямыя, т. е., линія $Ob \perp ab$.

4) Ставятъ кипрегель на мензурную доску, приведенную въ горизонтальное положеніе, направляютъ линію визирования на отвѣсную линію, вращаютъ трубу въ вертикальной плоскости и смотрятъ: будетъ-ли пересѣченіе волосковъ сѣтки вездѣ, при уклоненіи трубы вверхъ и внизъ, совпадать съ отвѣсной линіей; при совпаденіи — условіе выполнено. Въ противномъ случаѣ пересѣченіе волосковъ сѣтки, будучи совмѣщено съ

какою нибудь точкою *m* отвѣса (черт. 245), при вращеніи трубы, сойдеть съ него, опишетъ нѣкоторую кривую *mqn* и въ точкѣ *n* опять совмѣстится съ отвѣсомъ. Для исправленія существующей погрѣшности, линію *mn* дѣлятъ пополамъ и перемѣщаютъ пересѣченіе волосковъ сѣтки на эту точку, дѣйствуя винтами Г и Е (черт. 236), измѣняющимъ положеніе колонны, а слѣдов., и оси вращенія трубы относительно нижней плоскости линейки.

5) Если выполнены 3-е и 4-е условія, то оптическая ось трубы, при вращеніи будетъ описывать плоскость перпендикулярную нижней плоскости линейки.

6) Ставятъ кипрегель на мензурную доску, приведенную въ горизонтальное положеніе, и замѣчаютъ какую нибудь точку по линіи визированія трубою; по краю линейки проводятъ линію; въ конечныя точки этой линіи утврждаютъ иглы и визируютъ чрезъ нихъ. Если линія визированія укажетъ на отмѣченную точку, то оптическая ось описываетъ, при вращеніи своемъ, плоскость, совпадающую съ краемъ линейки или параллельную краю; если же, при визированіи чрезъ иглы, отмѣчена будетъ иная точка, то, для исправленія погрѣшности, дѣлятъ разстояніе между точками визированія пополамъ и, дѣйствуя винтами С и D (черт. 236), перемѣщаютъ колонну въ горизонтальной плоскости на столько, чтобы пересѣченіе волосковъ сѣтки совмѣстилось съ серединой разстоянія между точками визированія.

Дальномѣръ.

Инструменты, которыми можно опредѣлять разстоянія, не производя непосредственного измѣренія, называются дальномѣрами. Изъ многихъ инструментовъ такого рода особеннаго вниманія заслуживаетъ по простотѣ, удобству и точности доставляемыхъ результатовъ дальномѣръ, изобрѣтенный однимъ итальянскимъ инженеромъ.

Дальномѣръ представляетъ обыкновенный кипрегель, имѣющій сѣтку изъ 4-хъ нитей (черт. 246): одна *ab* вертикальная, а три *cd*, *ef*, *gh* горизонтальныя.

Измѣреніе разстояній такимъ кипрегелемъ производится слѣдующимъ образомъ (черт. 247). Положимъ, что на горизонтальной мензурной доскѣ установлена труба Г, имѣющая сѣтку съ 4-мя нитями, точки *b* и *a* пересѣченія верхней и нижней нити съ вертикальной *ab*, точка О центръ предметнаго стекла.

Если на нѣкоторомъ разстояніи отъ трубы поставить отвѣсно шесть АВ и визировать на него, то, при направленіи луча зрѣнія *bo*, отмѣ-

тится на шестѣ точка В; при визированіи чрезъ *a* по *aO*, отмѣчена будетъ точка А.

Лучи зрѣнія *aO* и *bo* пересѣкутся въ центрѣ объектива.

Такъ какъ разстояніе между центромъ стекла и пересѣченіемъ нитей измѣняется весьма мало, то можно допустить, что уголъ *aOb* будетъ постоянно одинаковъ для различныхъ разстояній.

Если переставлять шестъ дальше или ближе, то части его, отмѣчаемыя между точками *a* и *b*, будутъ измѣняться пропорціонально разстоянію *OG* отъ предметнаго стекла до шеста по слѣдующему: треугольники *OAB* и *OA'B'* подобны (по параллельности *AB* и *A'B'*), слѣдов., $AB : A'B' = OG : OG'$. Изъ этого можно заключить, что если часть шеста *AB* будетъ раздѣлена на столько равныхъ между собою частей, сколько сажень въ линіи *OG*, то, по перенесеніи шеста въ точку В', число частей, содержащихся между точками А' и В', выразитъ число сажень въ разстояніи *OG*.

Взмѣнь шестовъ употребляются *рейки* т. е., бруски длиною отъ $1\frac{1}{2}$ до 2 саж. съ дѣленіями на футы и доли фута, или на десятыя и сотыя доли сажени, или произвольныя равныя дѣленія.

Чтобы къ описанному дальномѣру нанести дѣленія на рейкѣ, отмѣряютъ на ровномъ мѣстѣ линію въ 100 саж., ставятъ на одномъ концѣ ея рейку, а на другомъ дальномѣръ.

Направляютъ трубу на рейку, чтобы верхняя нить покрыла назначенную на рейкѣ предварительно черту В, и отмѣчаютъ точку А, покрываемую нижней нитью трубы; длину *AB* дѣлятъ на 100 равныхъ частей и покрываютъ ихъ черезъ одну черной и бѣлой краской. Нуль ставится при верхнемъ дѣленіи или при нижнемъ.

Для опредѣленія разстоянія между двумя точками мѣстности, нужно поставить въ одной изъ точекъ дальномѣръ, а въ другой отвѣсно рейку. Наводятъ верхнюю нить сѣтки на нуль дѣленія рейки и замѣчаютъ какое дѣленіе отъ нуля покрыла нижняя нить; число дѣленій между горизонтальными нитями выразитъ длину линіи.

Такой дальномѣръ неудобенъ тѣмъ, что съемщикъ долженъ самъ приготовить для него рейку.

Во избѣжаніи такого неудобства *Эртель* усовершенствовалъ дальномѣръ, устроивъ сѣтку съ передвижными горизонтальными нитями, такъ что представляется возможность употреблять всякую рейку, на которой дѣленія уже назначены.

Сѣтка въ дальномѣрѣ Эртеля устроена слѣдующимъ образомъ (черт. 248): на мѣдномъ кружкѣ *KK*, съ круглымъ отверстіемъ по срединѣ, натягиваются двѣ нити—*cd* и *ab*, взаимно перпендикулярно; другія двѣ

нити *mm* и *nn* номѣщаются на двухъ отдѣльныхъ пластинкахъ *L* и *L*, передвигающихся въ пазахъ кружка *KK*. Пластинки *L* и *L* сближаются одна съ другой посредствомъ винтовъ *P* и *P*, входящихъ въ оправу трубы *QQ*, а раздвигаются съ помощью стальной пружины *LL*.

На такой сѣткѣ горизонтальныя нити *mm* и *nn* разставляются другъ отъ друга такъ, чтобы при длинѣ линіи, напр., въ 100 саж. разстояніе между ними по рейкѣ равнялось 100 дѣленіямъ.

Если дальномѣромъ измѣряются не горизонтальныя линіи, а наклонныя, то принимаются во вниманіе углы наклоненія, по каковымъ, (по таблицамъ) изъ истиннаго разстоянія опредѣляется проекція линій. Для опредѣленія угловъ наклоненія при кипрегелѣ дальномѣръ устроенъ секторъ.

Опредѣленіе угловъ мензулой, установка и ориентировка.

Данъ на мѣстности уголъ BAC. требуется нанести его на мензульную доску (черт. 249). На доскѣ чертится произвольная линія *ac*, соотвѣтствующая *AC* на мѣстности.

Устанавливаютъ мензулу такъ, чтобы точка *a* была отвѣсно надъ точкою *A* мѣстности; приводятъ доску въ горизонтальное положеніе; представляютъ алидаду краемъ по линіи *ac*, ослабляютъ становой винтъ и вращаютъ доску въ одну и другую сторону, пока линія визирования чрезъ діоптры не укажетъ на вѣху, поставленную въ точкѣ *C*. Такимъ образомъ линія *ac* будетъ совмѣщена съ *AC*: это совмѣщеніе называется *ориентировкой мензулы по данной линіи*. Затѣмъ закрѣпляютъ становой винтъ, повѣряютъ горизонтальность доски уровнемъ, исправляютъ погрѣшность ориентировки микрометрическимъ винтомъ и, придерживая край алидады около точки *a*, двигаютъ ее около этой точки до тѣхъ поръ, пока линія визирования не укажетъ на точку *B*; тогда по краю алидады проводятъ черту *ab*, полученный уголъ *bac* = проекціи угла *BAC*.

Если требуется построить на мѣстности при точкѣ A на линіи AC уголъ, равный $\angle bac$ на мензулѣ, черт. 249 то поступаютъ такъ: установивъ мензулу точкою *a* отвѣсно надъ точкою *A* мѣстности, ориентируютъ *ac* по *AC*. приводятъ доску въ горизонтальное положеніе. исправляютъ ошибку ориентировки микрометрическимъ винтомъ. прикладываютъ алидаду краемъ къ линіи *ab* и по направленію линіи визирования чрезъ діоптры ставятъ вѣху *B*; $\angle BAC = \angle bac$.

Проведеніе перпендикулярныхъ линій.

1) *Изъ точки на линіи возставитъ къ ней перпендикуляръ.*

Дана линія АВ, къ ней въ точкѣ О требуется возставить перпендикуляръ. (Черт. 250).

Предварительно на мензульной доскѣ чертится произвольная прямая *ab*; къ ней въ какой либо точкѣ *q* возставляютъ перпендикуляръ *qd*. Устанавливаютъ мензулу точкой *q* отвѣсно надъ точкой О мѣстности; приводятъ доску въ горизонтальное положеніе и ориентируютъ линіей *ab* по АВ; къ *qd* приставляютъ алидаду и по направленію линіи визирования чрезъ діоптры ставятъ вѣху С; линія СО будетъ перпендикулярна АВ.

2) *Изъ точки С требуется опуститъ на линію АВ перпендикуляръ.* (Черт. 250). По предыдущему, чертятъ на доскѣ мензулы *qd* $\perp$ *ab*; идутъ съ мензулой по АВ, выбирая такую точку О, въ которой мензула, ориентированная линіей *ab* по АВ, имѣла бы *qd* направленною на С. Очевидно, тогда точка О будетъ подошва перпендикуляра, опущеннаго изъ точки С.

Проведеніе параллельныхъ линій.

1) *Къ линіи АВ (черт. 251) требуется провести параллельную линію на опредѣленномъ отъ нея разстояніи, наприм., 30 саж.*

Предварительно на планшетной доскѣ чертится линія *ab*, соответствующая АВ; къ ней проводится перпендикуляръ *qo* и линія *dc*, параллельная *ab*. Ставятъ мензулу въ какой нибудь точкѣ О и ориентируютъ линіей *ab* по АВ; по предыдущему, возставляютъ перпендикуляръ *QO*, совмѣщающійся съ *qo*; по этому перпендикуляру откладываютъ данное разстояніе = 30 саж., находятъ точку Q. Устанавливаютъ мензулу въ точкѣ Q отвѣсно точкою *q*; ориентируютъ линіей *qo* по QO и по направленію *dc* провѣшиваютъ линію DC; она будетъ параллельна АВ на данномъ разстояніи.

2) *Къ линіи АВ (черт. 252) требуется провести параллельную чрезъ точку Q.*

Предварительно наносятъ на доску линію *ab*, соответствующую АВ. Мензула ставится надъ какой нибудь точкою О линіи АВ и ориентруется линіей *ab* по АВ. Отъ точки О дѣлается направленіе на точку Q и по краю алидады проводятъ черту *oq*; чрезъ какую нибудь точку

q линіи oq проводятъ линію cd параллельную линіи ab ; переносятъ мензулу въ точку Q ; устанавливаютъ ее точкою q отвѣсно надъ точкой Q мѣстности; ориентируютъ линіей qo по QO и по направленію cd проводятъ линію CD , она будетъ параллельна AB .

Опредѣленіе третьей точки по двумъ даннымъ.

При помощи мензулы, какъ и всякаго угломернаго инструмента, можно опредѣлять положеніе точекъ мѣстности на планѣ посредствомъ способа засѣчекъ, не производя измѣреній.

Пусть (черт. 253) по двумъ даннымъ точкамъ А и В требуется опредѣлить положеніе третьей С на планшетной доскѣ.

Линія AB измѣряется и наносится на доску, въ масштабѣ, въ видѣ линіи ab . Мензула устанавливается отвѣсно точкою a надъ точкой A и ориентирруется линіей ab по AB . Прикладываютъ алидаду краемъ къ точкѣ a и передвигаютъ ее до тѣхъ поръ, пока линія визирования не совпадетъ съ точкою C , тогда по краю алидады проводятъ черту am . Переставляютъ мензулу въ точку B ; ставятъ ее точкою b отвѣсно надъ точкой B ; ориентируютъ линіей ba по BA ; дѣлаютъ направленіе на точку C , по предыдущему, и по краю алидады проводятъ черту bn , которая пересѣчетъ am въ точкѣ c , соотвѣтствующей точкѣ C мѣстности (по подобію треугольниковъ ACB и acb , такъ какъ $AC:ac = BC:bc, = AB:ab$).

Такое опредѣленіе третьей точки по двумъ даннымъ, когда мензула ставится въ данныхъ точкахъ, называется *прямой засѣчкой*.

Пусть (черт. 254) по даннымъ точкамъ А и В требуется опредѣлить третью, С, но въ точкѣ В нельзя поставить мензулу. Тогда употребляется способъ *обратной засѣчки*. Онъ состоитъ въ слѣдующемъ: на доскѣ чертится линія ab равная въ масштабѣ AB ; мензула устанавливается точкою a отвѣсно надъ точкою A и ориентирруется по линіи AB . По закрѣпленіи доски становымъ винтомъ, прикладываютъ алидаду къ точкѣ a , визируютъ на точку C и по краю алидады проводятъ черту am . Затѣмъ переносятъ мензулу въ точку C и ориентируютъ линіей ta по CA ; прикладываютъ алидаду однимъ краемъ къ точкѣ b , а другой передвигается до тѣхъ поръ, пока линія визирования не укажетъ на точку B ; тогда по краю алидады проводятъ черту bn ; она пересѣчется съ линіей am въ точкѣ c , которая и будетъ соотвѣстственна точкѣ C на мѣстности (по подобію треугольниковъ ABC и abc).

Если (черт. 225) нельзя поставить мензулу ни въ А ни въ В, то ставятъ ее въ какой нибудь точку G между А и В; ориентируютъ линію ab по АВ и направляютъ алидаду отъ точки О (отвѣсной надъ G) на точку С; по этому направленію проводятъ линію go . Затѣмъ переходятъ съ мензулой въ точку С, ориентируютъ ее линіей go по CG и, приставивши алидаду краемъ сначала при точкѣ a , потомъ при b , визируютъ на А и В и проводятъ эти направленія на доскѣ: пересѣченіе ихъ дастъ точку c , соответствующую С на мѣстности (по подобію треугольниковъ acb и ACB).

Мензульная съемка.

Мензульная съемка, какъ вообще всякая съемка, раздѣляется на: *съемку окружной межи и съемку внутреннихъ контуръ.*

Такъ какъ планшетная доска имѣетъ извѣстный предѣлъ, то предварительно опредѣляется: *помѣстится ли снимаемый участокъ на одной планшетной доскѣ, или нѣтъ.*

Вопросъ этотъ рѣшается приблизительно такъ: если имѣется старый планъ участка, то можно опредѣлить промѣрами на немъ; если же плана нѣтъ, то измѣряютъ такую дорогу, которая проходитъ по всей длинѣ участка и сравниваютъ съ размѣрами планшетной доски, или провѣсиваютъ на мѣстности діагональ, которая проходила бы чрезъ самыя дальнія другъ отъ друга точки границы.

Если снимаемый участокъ не помѣстится на одной планшетной доскѣ, то можно разбить его линіями на части и каждую часть снимать отдѣльно.

Когда этотъ вопросъ рѣшенъ, приступаютъ къ обходу окружной межи.

Вспомогательная линія и точка, при помощи которыхъ устанавливается и ориентировка мензулы на мѣстности, должны быть опредѣлены и наложены на доску до начала работы съемки. Необходимо соблюсти, чтобы линія на доскѣ, служащая для ориентированія мензулы, проходила черезъ всю доску. Выборъ мѣста для этой линіи около края доски представляетъ то удобство, что данный участокъ располагается на доскѣ безъ риска получить нѣкоторыя линіи, выходящими изъ предѣловъ доски; но, вмѣстѣ съ тѣмъ, и то неудобство, что, работая около края доски, легко вывести доску изъ положенія ориентировки и, не замѣтивши этого, впасть въ грубую ошибку.

Бумага на планшетную доску наклеивается или непосредственно, или предварительно на доску натягивается каленкоръ. На доскѣ чертится квадратъ, стороны котораго отстоятъ отъ краевъ планшетной доски на

дуютъ; мѣсто между сторонами квадрата и краями доски назначается для записей. Одна изъ сторонъ квадрата принимается за направление магнитнаго или истиннаго меридіана.

Пусть (черт. 256) линія *ah* на планшетной доскѣ соотвѣтствуетъ линіи АН на мѣстности, (линія АН выбрана для начальной ориентировки). Дѣйствіе обхода начинаютъ отъ точки А (починный пунктъ); надъ нею ставятъ мензулу соотвѣтствующею точкою *a* отвѣсно. Приводятъ доску въ горизонтальное положеніе и ориентируютъ по линіи АН. Затѣмъ, приставивши край алидады къ точкѣ *a*, визируютъ на слѣдующую точку В; измѣряютъ разстояніе АВ и, отложивъ его по масштабу до точки *b*, переходятъ съ мензулой въ точку В. Здѣсь также устанавливаютъ мензулу точкою *b* отвѣсно надъ точкою В мѣстности и ориентируютъ мензулу линіей *ba* по ВА; визируютъ на точку С, проводятъ линію направленія на доскѣ, измѣряютъ ВС и откладываютъ ее по масштабу до точки *c*. Далѣе переходятъ на точку С и продолжаютъ обходъ описаннымъ способомъ до конца.

Если измѣреніе совершенно вѣрно, то линія *ea*, проведенная на мензулѣ, должна пересѣчь линію *ba* въ точкѣ *a*; но вслѣдствіе неизбежныхъ погрѣшностей, дѣлаемыхъ при измѣреніи линій и отложеніи ихъ на бумагѣ, образуется невязка фигуры. Если она не превышаетъ допускаемый предѣлъ, то уничтожается обычнымъ путемъ.

Въ случаѣ сдѣлана грубая ошибка, то необходимо произвести вновь измѣреніе.

Если на мензулѣ положеніе нѣкоторыхъ точекъ внутри или внѣ снимаемой мѣстности опредѣлено засѣчками при обходѣ, то полезно изъ вершинъ нѣкоторыхъ угловъ, по ориентированіи мензулы, визировать на эти точки и, если край алидады будетъ проходить, при этомъ, чрезъ соотвѣтствующія имъ точки на доскѣ, то это послужитъ доказательствомъ вѣрнаго измѣренія.

Иногда при обходѣ окружной межи случается, что изображеніе какой нибудь небольшой части снимаемаго участка выйдетъ за край доски. Тогда эту часть снимаютъ отдѣльно на той же доскѣ и потомъ связываютъ ее на общемъ планѣ съ остальной частью контуры.

Такъ напр., (черт. 257) линія *ab* — край доски, *cdfeh* — изображеніе той части, которая не помѣстилась на доскѣ. Пусть точкамъ на доскѣ соотвѣтствуютъ точки N, D, F, E, J, K и L на мѣстности.

Линію *cn* продолжаютъ и откладываютъ на ней $nm = dn$ (такъ, чтобы всѣ точки ломаной — *f'e'i*, параллельной и равной части *fei* контуры, не переходили за край доски *ab*).

Поставивши мензулу отвѣсно точкою n надъ точкою D , приводятъ ее въ горизонтальное положеніе, ориентируютъ линіей nm по DN и визируютъ на F ; проводятъ по краю алидады черту и откладываютъ на ней по масштабу линію $nf' = df$. Переносятъ мензулу въ точку F и устанавливаютъ ее точкою f' отвѣсно надъ F , ориентируютъ линіей $f'n$ по FD , визируютъ на точку E и продолжаютъ такъ, пока не опредѣлятъ точку i' .

Чтобы получить истинное положеніе точки i на доскѣ, черезъ i' , проводятъ линію $i'i$ mi и откладываютъ на ней величину $i'i = nm = nd$.

Для продолженія съемки, чрезъ точку i проводятъ линію ih параллельно $i'e'$, ориентируютъ мензулу линіей ih по JE , поставивши ее точкой i отвѣсно надъ точкой J мѣстности, визируютъ на точку K и работа продолжается по предъидущему.

Изъ сказаннаго видно, что производство съемки мензулой идетъ гораздо скорѣе, нежели съемка буссолюю и астролябіей, а потому мензулу при подробныхъ съемкахъ предпочитаютъ другимъ инструментамъ.

Астролябія при съемкахъ имѣетъ передъ мензулой слѣдующія преимущества:

1) При производствѣ граничной съемки большихъ дачъ, астролябію должно предпочесть мензулѣ, потому что при съемкѣ мензулой дачу раздѣляютъ на части такой величины, чтобы каждая изъ нихъ по принятому масштабу могла помѣститься на одномъ мензульномъ листѣ, а такое дѣленіе дачи отнимаетъ слишкомъ много времени, особенно если дача лѣсная. Къ тому же, если при раздѣленіи лѣсной дачи на кварталы, сдѣланныя проськи не могутъ быть границами кварталовъ, то слѣдовательно трудъ и матеріаль будутъ потеряны напрасно. Но если бы такая дача и была снята на отдѣльные мензульные листы, то, по окончаніи работъ, всѣ отдѣльные планы должно свести въ одинъ общій планъ, а при такихъ работахъ неизбежны ошибки.

2) Кромѣ этихъ причинъ, астролябія предпочитается мензулѣ при граничной съемкѣ еще и по тому, что при такой съемкѣ принято за правило, дѣлать описаніе границъ, т. е., записывать величины угловъ: румбическихъ и астролябическихъ, а также и длину граничныхъ линій; слѣдоват., если дача будетъ снята мензулой, то всѣ эти величины должно будетъ опредѣлять по плану, отчего неминуемо произойдутъ погрѣшности.

Если имѣются оба инструмента, то совѣтуютъ окружную межу снять астролябіей, а внутреннія контуры мензулой.

Съемка внутренних контуръ.

Такъ какъ при съемкѣ мензулой требуется извѣстная точность работы: точки внутреннихъ контуръ должны быть вѣрно опредѣлены и связаны съ окружною межею, то, большею частью, не только внутреннія контуры, а и вся вообще съемка производится при помощи построения геометрической сѣти треугольниковъ, называемой *треангуляціей*. Линіи и точки *треангуляціи* служатъ вспомогательными при опредѣленіи границъ внутреннихъ контуръ и вмѣстѣ съ тѣмъ даютъ возможность повѣрять работу.

Составленіе *треангуляціонной сѣти*.

Если на мѣстности выбрано будетъ нѣсколько точекъ такимъ образомъ, что воображаемыя линіи, соединяющія эти точки, образуютъ сѣть треугольниковъ и изобразятся графическимъ путемъ въ масштабѣ на бумагѣ безъ опредѣленія угловъ въ градусахъ въ той же связи какъ на мѣстности — то таковая сѣть треугольниковъ называется геометрической сѣтью или *треангуляціей*.

Съ помощью мензулы *треангуляція* составляется точнѣе и скорѣе, чѣмъ другими угломерными инструментами: такъ какъ не требуется вести абрисъ, наносить углы транспортиромъ, и работу можно всегда легко повѣрять.

При составленіи *треангуляціи* различаютъ два случая:

1) *Когда снимаемый участокъ помѣщается на одной планшетной доскѣ* и 2) *Когда — не помѣщается.*

Вопросъ этотъ рѣшается по вышеизложенному.

Въ обоихъ случаяхъ работа состоитъ прежде всего въ выборѣ на мѣстности *точекъ треангуляціи* и мѣста для *базиса* или *основанія сѣти*.

Точки *треангуляціи* выбираютъ обыкновенно на мѣстахъ возвышенныхъ и открытыхъ, чтобы изъ каждой точки видно было по возможности большее число другихъ точекъ. Разстояніе между ними находится въ зависимости отъ масштаба и отъ топографическаго вида снимаемой мѣстности; обыкновенно это разстояніе = 300—800 саж.

Базисъ выбирается, если это возможно, въ срединѣ сѣти; на мѣстѣ ровномъ, возвышенномъ, открытомъ и не пересѣченномъ оврагами, рѣками и проч.

Длина базиса зависитъ отъ масштаба съемки и величины снимаемаго участка. Точность опредѣленія точекъ зависитъ отъ масштаба и

длины базиса, такъ напр.: точность отложеній въ сотомъ масштабѣ $= 1\frac{1}{2}$ саж.; если базисъ $= 200$ саж., то относительная погрѣшность во всѣхъ сторонахъ сѣти будетъ равна $1\frac{1}{2} : 200 = \frac{1}{400}$; въ томъ же масштабѣ, но при длинѣ базиса въ 300 саж., относительная погрѣшность будетъ равна $1\frac{1}{2}$ саж. : 300 $= \frac{1}{600}$; если же масштабъ принять трехсотый, точность котораго $= 1\frac{1}{2}$ саж., то при длинѣ базиса $= 200$ саж. относительная погрѣшность въ сторонахъ сѣти равна $1\frac{1}{2}$ саж. : 200 $= \frac{3}{400}$; при длинѣ базиса въ 300 саж. погрѣшность $= 1\frac{1}{2}$ саж. : 300 $= \frac{1}{200}$ и т. под.

Слѣдовательно, при одномъ и томъ же масштабѣ точность зависитъ отъ длины базиса: чѣмъ базисъ больше, тѣмъ относительная погрѣшность меньше и наоборотъ.

Поэтому, чѣмъ меньше масштабъ съемки, тѣмъ длиннѣе нужно брать базисъ.

Составленіе треугольничной сѣти, когда снимаемый участокъ помещается на одной планшетной доскѣ.

Сначала измѣряютъ базисъ съ особенною тщательностью раза 2 или 3 и берутъ за длину его среднее арифметическое число изъ этихъ измѣреній, оно не должно отличаться отъ отдѣльныхъ измѣреній болѣе чѣмъ на 0,001.

Устанавливаютъ мензулу въ крайней точки базиса, отвѣсно какою либо точкою на планшетной доскѣ, соотвѣтствующей точкѣ базиса, выбранной такъ, чтобы снимаемый участокъ помѣстился на доскѣ; ориентируютъ мензулу по магнитному или истинному меридіану, визируютъ на другую точку базиса и чертою чрезъ всю доску, означаютъ направленіе его. На направленіи этомъ откладывается величина проекціи базиса въ данномъ масштабѣ. Затѣмъ провѣряется ориентировка мензулы по базису и визируютъ на точки треугольничной сѣти и нѣкоторые предметы въ натурѣ, хорошо видныя съ точекъ базиса (важныя при провѣркѣ работы).

Такъ напр., (черт. 258) съ базиса АВ видны точки треугольничной сѣти С, D, Т, F, G, Н, N, К и также видны крестъ церкви L и верстовой столбъ М; на всѣ эти предметы визируютъ и проводятъ линіи направленій на доскѣ.

Когда уже на всѣ видимыя точки сдѣланы направленія, переходятъ на другую точку базиса, предварительно повѣривши ориентировку.

Послѣ установки мензулы на другой точкѣ базиса В, ориентируютъ ее по базису и вновь дѣлаютъ направленія на всѣ видимыя точки отсюда, такъ напр.: на Н, К, D, F, С; эти точки опредѣляются, слѣдоват., засѣчками впередъ.

Затѣмъ дѣлаютъ направленія на видимыя но не визированныя еще точки: О, N, Р, Q, R. Если болѣе точекъ опредѣлить нельзя, переходятъ на какую нибудь точку треуголяціи, по возможности дальше отстоящую отъ базиса (такъ какъ чѣмъ меньше точекъ стоянія мензулы, тѣмъ меньше ошибка); напр., на G, гдѣ, установивъ мензулу и ориентировавъ ее по AG, дѣлаютъ также направленія на всѣ видимыя отсюда точки и засѣкаютъ тѣ, на которыя уже сдѣлано направленіе.

Окончивъ здѣсь работу, переходятъ на какую нибудь слѣдующую точку, напр., на N и такъ далѣе до тѣхъ поръ, пока всѣ точки треуголяціи не получатся на планшетной доскѣ.

Для повѣрки работы слѣдуетъ опредѣлить положеніе точекъ засѣчкою не съ одного пункта, а съ двухъ или трехъ точекъ, и если нѣсколько направленій на одну точку дадутъ и въ пересѣченіи на доскѣ только одну точку, то работа вѣрна.

Повѣряютъ, если удобно, положеніе точекъ обратной засѣчкой. Точки, полученныя засѣчкою подъ слишкомъ острымъ, меньше 30° и подъ тупыми, большими 140° , должны быть повѣряемы новой засѣчкой съ другихъ точекъ.

При составленіи треуголяціи необходимо соблюдать:

1) Вѣхи, которыми обозначаются точки треуголяціи, должны быть поставлены сколько возможно отвѣсно и углублены въ землю по крайней мѣрѣ на аршинъ, чтобы трудно было измѣнить ихъ положеніе.

2) Стараться опредѣлить по возможности большее число естественныхъ сигналовъ, хотя бы они и не входили въ снимаемую дачу. Такіе сигналы ужь конечно не измѣнятъ своего положенія, что придастъ большую точность работѣ. Отдаленные сигналы послужатъ для ориентировки.

3) Выбирать для слѣдующей станціи (т. е., точки, на которой станетъ мензула) болѣе отдаленную точку отъ предъидущей; а если этого сдѣлать нельзя, то хотя ориентироваться по болѣе отдаленнымъ точкамъ.

4) Проводить линіи по краю алидады остроочиненнымъ карандашомъ, и, сколько возможно, длиннѣе.

5) Точки на доскѣ хорошо обозначать карандашомъ; лишнія линіи около нихъ стирать, окружить ихъ кружкомъ и занумеровать, чтобы потомъ не затерять ихъ и не ошибиться.

Составленіе треангуляціи, когда снимаемый участок не помѣщается на одной планшетной доскѣ.

Въ этомъ случаѣ составленіе треангуляціи производится по двумъ способамъ:

1) Треангуляцію составляютъ въ томъ же масштабѣ, въ какомъ произведена будетъ и самая съемка; тѣ точки, которыя получаются около края доски, переносятся на другія мензульные доски; причемъ, принявъ разстояніе между перенесенными точками за новыя основанія, т. е., базисы, по нимъ уже продолжаютъ составленіе съѣти дальше.

Если же въ распоряженіи съемщика нѣтъ другой доски, то, окончивъ составленіе съѣти на одной доскѣ, съемщикъ по масштабу опредѣляетъ всѣ тѣ величины, которыя послужатъ перенесенію точекъ на слѣдующіе листы (ординаты изъ крайнихъ точекъ на стороны квадрата); тогда законченный листъ срѣзывается и наклеивается новый, а по записаннымъ даннымъ всѣ необходимыя точки переносятся на новый листъ.

Перенесеніе по записямъ необходимо для того, чтобы избѣжать погрѣшности, которая неминуемо произойдетъ отъ сжатія бумажки, если эта послѣдняя не наклеена на холстъ.

2) Треангуляцію составляютъ въ масштабѣ меньшемъ противъ принятаго для съемки; но ни въ коемъ случаѣ уменьшеніе не должно быть болѣе какъ въ три раза, иначе треангуляція не дастъ вѣрныхъ опоръ для съемки подробностей въ участкѣ.

Когда же съѣтъ будетъ составлена въ уменьшенномъ масштабѣ, то ее разбиваютъ на такіе квадраты, чтобы они, послѣ увеличенія ихъ до масштаба съемки, помѣстились на одной планшетной доскѣ.

Затѣмъ каждый квадратъ со всѣми точками въ немъ находящимися переносится на отдѣльные доски въ масштабѣ съемки при помощи циркуля и масштаба (координатами).

Для каждой отдѣльной доски необходимо имѣть, по крайней мѣрѣ, 2—3 точки хорошо опредѣленные, безъ чего работа не будетъ имѣть достаточной точности.

Недостатки перваго способа—невозможность повѣрять работу чрезъ визированіе на прежде опредѣленные точки, находящіяся на предъидущихъ листахъ.

При второмъ способѣ, перенесеніе точекъ въ увеличенномъ масштабѣ, разбивкой на квадраты, сопряжена съ погрѣшностями отъ чертежныхъ работъ. Для уменьшенія этихъ погрѣшностей необходимо до начала съемки подробностей повѣрить важныя пункты съѣти съ помощью базиса.

При перенесеніи направлений и точек на другіе листы, также переносят и тѣ точки, которыя не помѣщаются въ квадратѣ мензульной доски, такъ какъ эти точки, хотя и за краемъ очерченнаго квадрата, могутъ послужить къ провѣркѣ работы и для ориентировки мензулы.

Собственно съемка внутреннихъ контуръ.

Въ зависимости отъ топографическаго вида поверхности снимаемаго участка и расположенія отдѣльныхъ угодій на немъ, при съемкѣ внутреннихъ контуръ примѣняются ли слѣдующіе способы: 1) *застѣчекъ*, 2) *полярный*, 3) *обхода*, 4) *промна на точки треуголяціи*, 5) *параллельныхъ линий*.

1) Съемка застѣчками.

Послѣ того какъ составлена треуголяція, приступаютъ къ съемкѣ внутреннихъ контуръ.

Изгибы внутреннихъ контуръ на мѣстности обозначаются номероваемыми колышками, положеніе которыхъ записывается въ абрисѣ.

Устанавливаютъ мензулу въ какой нибудь точкѣ треуголяціи и ориентируютъ доску по ближайшей линіи треуголяціи. Затѣмъ посылаютъ рабочаго съ большимъ шестомъ съ флагомъ на точки изгибовъ внутреннихъ контуръ, обозначенныхъ колышками. Рабочій послѣдовательно переходитъ съ точки на точку въ порядкѣ нумераціи, поднимая флагъ, на который и дѣлаютъ направленія изъ точки стоянія мензулы; изъ другой же точки треуголяціи производятъ застѣчки.

Работа идетъ слѣдующимъ образомъ (черт. 259): на одной изъ точекъ треуголяціи М поставлена мензула соотвѣтствующей ей точкой отвѣсно и ориентирована по линіи MN.

Рабочій съ флагомъ идетъ на точку, обозначенную колышкомъ № 1-й и ставитъ вѣху съ флагомъ въ отвѣсномъ положеніи; въ то-же время другой рабочій, находящійся при мензулѣ, поднимаетъ флагъ и держитъ его, пока землемѣръ не сдѣлаетъ направленія; когда направленіе это прографлено на доскѣ, рабочій при мензулѣ опускаетъ флагъ и тѣмъ даетъ знать рабочему на точкѣ, чтобы тотъ переходилъ на слѣдующую, руководясь абрисомъ; на слѣдующей точкѣ опять поднимается флагъ, что также дѣлаетъ и рабочій при мензулѣ; когда и на эту точку направленіе сдѣлано, флагъ при мензулѣ вновь опущенъ, рабочій переходитъ на слѣдующую точку и т. д., пока не будетъ сдѣлано направленій на всѣ видимыя точки.

Чтобы не сбиться со счета точекъ, рабочій, идущій по изгибамъ внутреннихъ контуръ, пройдя каждыя десять колышковъ, машетъ фла-

гомъ, тѣмъ же отвѣчаетъ и рабочій при мензулѣ, если и здѣсь одинаковый счетъ. Слѣдоват., можно сдѣлать неправильное направленіе (ошибиться въ счетъ колышковъ) между десятью, что легко поправимо.

Когда изъ точки М сдѣланы всѣ направленія на точки, означенныя колышками, то переходятъ на точку триангуляціи N и точно также, ориентировавъ мензулу по линіи NM производятъ засѣчки: т. е., рабочій вновь идетъ по тѣмъ же колышкамъ, начиная съ № 1-го.

Если окажется, что какая либо точка засѣчена подъ слишкомъ острымъ или тупымъ угломъ, то засѣкаютъ ее съ какой либо другой точки триангуляціи.

При обозначеніи точекъ колышками не слѣдуетъ стараться сразу обставить линію границы внутренней контуры на всемъ ея протяженіи колышками, а группировать колышки, по возможности, въ одномъ какомъ либо районѣ, чтобы не тратить времени на длинные переходы отъ одной точки къ другой.

Хорошо, если всѣ означенныя колышками точки въ одинъ день будутъ опредѣлены, а не оставляемы на слѣдующіе дни въ жертву случайности.

По абрису сейчасъ же очерчиваютъ контуру, такъ что если обнаружится ошибка, то тутъ же на мѣстности и исправляется.

2) Съемка полярнымъ способомъ.

Полярный способъ (черт. 260) называется иначе съемкою изъ одной точки стоянія инструмента и дѣйствительно производится изъ одной точки, если снимаемое угодіе имѣетъ округлый видъ.

Выбираютъ приблизительно въ срединѣ снимаемой контуры точку H, устанавливаютъ въ ней мензулу и ориентируютъ по соотвѣтствующей линіи GH (линіи триангуляціи, взятой для ориентировки мензулы). Направляютъ алидаду отъ точки h по линіи HA, на доскѣ проводятъ черту ah; измѣряютъ HA и откладываютъ ah равною AH въ масштабѣ. Направляютъ алидаду на слѣдующую точку B и также, послѣ проведенія черты и измѣренія линіи BH, откладываютъ ей соотвѣтствующую bh на планшетной доскѣ и т. д.

Работа продолжается подобнымъ образомъ, пока не будетъ сдѣлано направленій и измѣреній на всѣ точки и всѣ онѣ будутъ опредѣлены на доскѣ по масштабу.

Этотъ способъ удобенъ на мѣстности открытой и ровной, гдѣ ничто не мѣшаетъ измѣренію линій.

Если снимаемая фигура ABCDEFG не особенно велика, то вмѣсто цѣпи хорошо было бы укрѣпить въ точкѣ H валикъ съ намотаннымъ

на немъ стосаженымъ шнуромъ, тогда работа пойдетъ во много разъ быстрее.

При этомъ рабочій, который тянетъ шнуръ за конецъ, останавливается на каждомъ изгибѣ линіи, а землемѣръ, сдѣлавши направленіе, тотчасъ же можетъ отсчитывать по шнурѣ величину этой линіи.

Если изгибы криволинейной контуры черезъ чуръ часты, то способъ полярный предпочтительнѣе прочихъ.

Также этотъ способъ удобенъ, когда при съемкѣ обходомъ предстоитъ изображать довольно значительные изгибы контуръ, а мѣстныя препятствія не позволяютъ опредѣлить этихъ изгибовъ засѣчками.

Такъ напр. (черт. 261) линіи KD, DE и EF представляютъ линіи обхода при съемкѣ лѣса. Изъ чертежа видно, какъ удобенъ здѣсь полярный способъ опредѣленія точекъ изгибовъ съ точки P.

Почти всегда полярный способъ съемки примѣняется при опредѣленіи полянъ въ лѣсу.

Если есть кипрегель дальномѣръ, то этому способу нужно отдать преимущество передъ всѣми прочими.

3) Съемка способомъ обхода.

Если мѣстность покрыта лѣсомъ, кустарникомъ, то употребляютъ способъ обхода.

Начинаютъ работу съ какой нибудь точки треугольничіи (черт. 262) F, въ которой устанавливаютъ мензулу соотвѣтствующей точкой отвѣсно, ориентируютъ по линіи FZ и визируютъ на какую нибудь точку M, находящуюся около окраины лѣса. Откладываютъ линію MF на доскѣ въ принятомъ масштабѣ и переносятъ мензулу въ точку M, гдѣ ее устанавливаютъ соотвѣтствующей точкой отвѣсно надъ M и визируютъ на точку N, взятую такъ, чтобы перпендикуляры, опущенные изъ изгибовъ контуры на NM, не были длиннѣе 30 саж.

Измѣряя линію NM, въ то-же время измѣряютъ и величину перпендикуляровъ: *a*, *b*, *c*, *d*...., которые и наносятся на планшетной доскѣ. Когда эта работа кончена, переходятъ на слѣдующую точку N и ориентировавъ мензулу по линіи MN, вновь визируютъ на точку O и т. д., доходя въ опять до точки M, не забывая въ то-же время повѣрять работу направленіями изъ какія либо опредѣленные точки треугольничіи.

Не смотря на то, что этотъ способъ копотливъ, такъ какъ на каждой точкѣ приходится устанавливать и ориентировать мензулу, причемъ всѣ линіи измѣряются цѣпью, за то его можно считать точнѣе предыдущихъ, такъ какъ по полученной невязкѣ можно судить о погрѣшности и исправить ее.

При двухъ предъидущихъ способахъ невязки не получается, но какъ повѣрку примѣняютъ слѣдующій приемъ:

1) Измѣряютъ на мѣстности діагонали и судятъ по нимъ, путемъ сравненія съ соотвѣствующими діагоналями плана, о точности работы.

2) Послѣ визированія на какія либо точки, смотрятъ: совпадаетъ-ли край линейки съ точкою на доскѣ, если алидада направлена на соотвѣтствующую точку мѣстности.

4) Съемка промѣрами на точки треангуляціи.

Способъ этотъ состоитъ въ измѣреніи линій треангуляціи: АВ, QC, DE.... (черт. 263) и въ обозначеніи пересѣченія границъ внутреннихъ контуръ измѣряемыми линіями.

Работа производится слѣдующимъ образомъ: отъ точки А измѣряютъ линію АВ, обозначая въ то-же время разстоянія, на которыхъ она пересѣкаетъ линіи внутреннихъ контуръ въ *a, b, c*; проходя по линіи АВ далѣе, замѣчаютъ, напр., что съ точки Q можно опредѣлить направление какой нибудь линіи QC, и, измѣряя ее, отмѣчаютъ точки пересѣченія ею границъ внутреннихъ контуръ.

Далѣе — начинаютъ съ точки *d* и ведутъ измѣренія линій *dD, dF, dE* и т. д.

Слѣдовательно получается сѣть треугольниковъ, связанная опредѣленными заранѣе точками; на сторонахъ этихъ треугольниковъ нанесены точки пересѣченія границъ внутреннихъ контуръ. Остается перенести эти измѣренія въ масштабъ на мензулу, соединить отмѣченные точки линіями, также какъ онѣ соединены на мѣстности и работа выполнена.

Если линіи, окаймляющія контуры, имѣютъ много изгибовъ, то линіи треангуляціи можно принять за магистральныя и съ нихъ опредѣлять положеніе границъ внутреннихъ контуръ съ помощью перпендикуляровъ.

Описанный способъ примѣнимъ, когда мѣстность открыта и имѣетъ много разнообразныхъ контуръ.

Рекомендованъ можетъ быть еще и по тому, что онъ съ одинаковымъ удобствомъ производится какъ мензулой, такъ равно астролябіей и эккеромъ.

5) Способъ параллельныхъ линій (черт. 192).

Данный участокъ разбивается на квадраты линіями, отстоящими другъ отъ друга на 50—100 саж. (въ зависимости отъ точности, требуемой отъ работы, и отъ количества внутреннихъ контуръ подлежащихъ съемкѣ). Эти линіи на мѣстности провѣшиваются, какъ можно точнѣе.

На мензульной доскѣ строить таковую же сѣть квадратовъ въ масштабѣ. Затѣмъ стороны каждаго квадрата обходятъ съ цѣпью и эккеромъ и опускаютъ на нихъ перпендикуляры изъ точекъ изгибовъ границъ внутреннихъ контуръ, которыми и опредѣляется положеніе точекъ.

Связываніе точекъ треангуляціи съ окружною межею.

Для того, чтобы внутреннія контуры были нанесены на планъ въ томъ же видѣ, въ какомъ онѣ находятся на мѣстности относительно окружной межи, необходимо эту послѣднюю связать съ треангуляціей.

Если участокъ небольшой и обходъ производится мензулою, то, во время обхода, засѣчками опредѣляютъ положеніе нѣкоторыхъ точекъ треангуляціи, или можно нѣкоторыя точки окружной межи включить въ число точекъ треангуляціи; въ послѣднемъ случаѣ принимаютъ иногда за базисъ какую нибудь сторону окружной межи.

Если же снимаемый участокъ большой, то треангуляціонная сѣть связывается съ окружною межею продолженіемъ базиса до пересѣченія съ какой либо стороною окружной межи (промѣромъ и опредѣленіемъ угловъ); или базисъ связывается съ окружною межею засѣчками и промѣрами съ точекъ окружной межи.

Повѣрка съѣмокъ.

Выше упоминалось, что во время съѣмки мензулою необходимо постоянно повѣрять работу, иначе ошибка, сдѣланная въ одномъ мѣстѣ, легко перейдетъ и на другія.

Повѣрка состоитъ въ визированіи, послѣ ориентировки мензулы, на какія нибудь уже опредѣленныя точки, и если край алидады проходитъ чрезъ тѣ-же точки на доскѣ, на какія алидада направлена на мѣстности, то работа производится вѣрно.

Еще болѣе строгая провѣрка состоитъ въ томъ, что послѣ ориентировки мензулы направляютъ алидаду на какой нибудь отдаленный предметъ и проводятъ по краю линейки черту; если при измѣреніи этой линіи на мѣстности окажется, что всѣ предметы и контуры, пересѣкающіе ее, будутъ находиться и на планѣ на соответствующихъ мѣстахъ, то это удостовѣритъ въ точности работы.

Повѣрка прямой засѣчки обратно, т. е., засѣчка уже полученной точки на доскѣ новымъ направленіемъ, употребляется какъ повѣрка ориентировки и направленій.

Невязка при способѣ обхода даетъ также возможность повѣрки точности работы. Уничтожается невязка допускаемая обычнымъ путемъ.

Съемка чрезполосныхъ владѣній.

Эта съемка весьма удобно и легко производится мензулой по способу полярному, если имѣется хорошій кипрегель-дальномѣръ, или по способу засѣчекъ.

Производится ли эта съемка тѣмъ или другимъ способомъ, предварительная работа состоитъ въ обозначеніи колышками всѣхъ угловъ полосъ на мѣстности и нанесеніи ихъ на абрисъ.

Такъ напр., участокъ ABCDEF (черт. 264) заключаетъ въ себѣ нѣсколько чужихъ владѣній *a*, *b*, *c*, остальные же части, 1-я и 2-я, принадлежатъ лицу, желающему снять планъ со всего участка.

Устанавливаютъ мензулу въ какой нибудь точкѣ G и, ориентировавъ ее, визируютъ на вѣхи, поставленныя въ точкахъ пересѣченія линий границъ, напр., на *y*, C, *e*, *f*, *p*, D.....; вообще производятъ обычную полярную съемку всѣхъ чужихъ полосъ и своихъ, заключающихся между этими послѣдними.

Остается соединить точки на доскѣ, подобно ихъ соединенію на мѣстности и вопросъ рѣшенъ.

По способу засѣчекъ точки опредѣляются, по выборѣ базиса, по вышеизложенному.

Изображеніе на планахъ неровностей мѣстности или ситуаціи.

Неровности земной поверхности какъ то: горы, холмы, овраги, ложбины и проч., выражаются на планахъ *горизонталями* или *штрихами*.

Горизонталями называются кривыя линіи, происходящія отъ разсѣченія какого либо углубленія или возвышенія мѣстности рядомъ горизонтальныхъ плоскостей, отстоящихъ другъ отъ друга на равномъ вертикальномъ разстояніи.

Проекціи сѣченій (горизонталей), изображенныя на планѣ, дадутъ понятіе о видѣ поверхности мѣстности.

О направленіи скатовъ можно судить по направленію горизонталей, а о крутизнѣ ихъ, по разстояніямъ горизонталей другъ отъ друга.

Разсматривая безконечное разнообразіе видоизмѣненій и сочетаній неровностей мѣстности, легко замѣтить, что всѣ ихъ формы приводятся къ небольшому числу простыхъ геометрическихъ тѣлъ, служащихъ первообразомъ всѣхъ возвышеній и углубленій.

Эти простые тѣла суть: *конусъ прямой и наклонный, шаровой сегментъ, продольный отръзокъ цилиндра, пирамида.*

Если разсѣчь прямой конусъ рядомъ горизонтальныхъ плоскостей, отстоящихъ другъ отъ друга на одинаковомъ разстояніи, то проекціи сѣченій представятся въ видѣ одноцентренныхъ окружностей равноотстоящихъ другъ отъ друга (черт. 265) ANM —конусъ, de , bf , cg , MN его горизонтали.

Наклонный конусъ имѣетъ горизонтали въ видѣ эллипсовъ, сближающихся въ одномъ краю и расходящихся въ другомъ (черт. 266): PBQ —наклонный конусъ, ad , mc , ef , bq его горизонтали.

Отрѣзокъ шара имѣетъ проекціями горизонтальныхъ сѣченій рядъ одноцентренныхъ окружностей, неодинаково отстоящихъ другъ отъ друга. Такъ напр., (черт. 267) горизонтали, проходящія черезъ точки a , b , c и T , имѣютъ вертикальныя разстоянія $= As = am = bn = cq$; горизонтальныя же— $Tq < cn < bm < as$.

Наклонная плоскость съ одинаковымъ всюду угломъ наклоненія имѣетъ свои горизонтали въ видѣ прямыхъ параллельныхъ линий, равноотстоящихъ другъ отъ друга, напр., (черт. 268) $ABMN$ наклон. плоскость; горизонтали сѣченія на ней AB , CD , EF , GH , PQ , NM ; проекціи горизонталей ab , cd , ef , gh , pq и nm .

Про *пирамиду*, какъ тѣло, ограниченное наклонными плоскостями, можно сказать, что ея горизонтали будутъ имѣть видъ многоугольниковъ, заключенныхъ одинъ въ другомъ съ взаимно параллельными сторонами.

Продольный отрѣзокъ цилиндра изображается горизонталями, имѣющими видъ параллельныхъ прямыхъ линий, разноотстоящихъ другъ отъ друга (аналогично горизонталямъ шароваго сегмента) (черт. 269) $ABMN$ отрѣзокъ цилиндра, AB , CD , EF , GH и MN —горизонтальныя сѣченія его; A' , B' , C' , D' , E' его горизонтали.

Слѣдоват., по виду горизонталей можно судить о формѣ неровности, а по разстоянію между ними—о крутизнѣ скатовъ.

Пусть данная неровность разсѣчена горизонтальными плоскостями такъ, что онѣ отстоятъ другъ отъ друга на одинаковомъ вертикальномъ разстояніи: т. е., $Ax = xs = sg = gQ$ (черт. 270); по горизонталямъ на планѣ можно замѣтить, что разстоянія между точками a' , b , c' , d' имѣютъ большую величину, чѣмъ между точками 1-й 2-й, 3-й и 4-й это показываетъ, что скатъ A . 1. 2. 3. 4 круче ската $Aabcd$.

Горизонтали mn и pt параллельны—признакъ, что покатость здѣсь имѣетъ видъ или цилиндрической поверхности или наклонной плоскости.

Вообще нужно замѣтить, что чѣмъ ближе горизонталь отъ горизонтали, тѣмъ уголъ наклоненія болѣе и наоборотъ.

Иногда, независимо отъ разстоянія, уголъ наклоненія выражаютъ утолщеніемъ горизонталей (черт. 271).

Для того, чтобы на планѣ, вычерченномъ горизонталями, не смѣшивать углубленія съ возвышеніями (какъ тѣ, такъ и другіе вычерчиваются совершенно одинаково), отдѣляютъ горизонталі возвышеній справа и снизу, а горизонталі углубленій слѣва и сверху (принимая, что свѣтъ падаетъ на таковыя слѣва и сверху). На черт. 272—группы горизонталей Q и T—возвышенія, S и R—углубленія.

Назначеніе горизонталей на мѣстности.

Линіи свѣченій неровностей горизонтальными плоскостями назначаются *ватерпасомъ, эклиметромъ, кипрегелемъ съ секторомъ* (при мензулѣ) и наконецъ—*нивеллирами*: вообще, инструментами, съ помощью которыхъ можно проводить горизонтальныя линіи, или измѣрять углы наклоненія.

Устройство ватерпаса и повѣрка его (см. „объ уровняхъ“).

Ватерпасомъ опредѣляется относительная высота точекъ и ихъ горизонтальныя разстоянія.

Для удобства измѣренія вертикальныхъ разстояній точекъ чрезъ одинъ или оба конца бруска АВ (черт. 273) пропускается рейка, брусъ съ дѣленіемъ на сажени и доли сажени.

Имѣя такой приборъ, можно опредѣлить, напримѣръ, отъ точки А по данному скату такія промежуточные точки, изъ которыхъ каждая будетъ ниже предыдущей на опредѣленное разстояніе, наприм., на двѣ сажени.

Для этого, поставивъ одинъ конецъ ватерпаса въ А (черт. 274) и приведя его въ горизонтальное положеніе, отсчитываютъ на рейкѣ А'В, приставленной въ концѣ В, высоту точки А надъ точкою А'; пусть $A'B = 0,68$ саж. Переставляютъ затѣмъ конецъ ватерпаса въ точку А' и снова отсчитываютъ на рейкѣ высоту А''В', пусть $A''B' = 0,82$ саж. слѣдоват., точка А'' ниже точки А на $0,68 + 0,82 = 1,5$ саж. Переносятъ ватерпасъ въ А'' и если величина В''М = 0,5 саж., то точка М ниже точки А на двѣ сажени, что и требовалось. Но если В''М больше 0,5 саж., то рейку переставляютъ по бруску ватерпаса, пока величина LN не будетъ равна 0,5 саж. Тогда получимъ точку N ниже А на двѣ сажени: горизонтальное разстояніе линіи $AN = qN$, или, что тоже, $= AB + A'B' + A''L$.

Имѣя такія данныя для точекъ мѣстности по нѣсколькимъ направленіямъ отъ точки А, можно горизонталями изобразить ситуацію данной мѣстности, а также и опредѣлить уголъ наклоненія къ горизонту какой либо линіи (черт. 275).

Пусть даны на мѣстности двѣ точки А и В, вертикальное разстояніе которыхъ $= 2$ саж., а горизонтальное $= 20$ саж.

Для опредѣленія величины угла наклоненія линіи АВ къ горизонту, строятъ прямоугольный треугольникъ АВС, отношеніе катетовъ котораго было-бы $20:2$, т. е., $BC:AC = 20:2$, тогда $\angle ABC$ въ треугольникѣ будетъ искомый уголъ наклоненія (величина его опредѣляется транспортиромъ или по таблицамъ хордъ или тангенсовъ).

При назначеніи горизонталей эклиметромъ, или мензулой съ кипрегелемъ, необходимо имѣть рейку съ дѣленіями на сажени и части сажени (удобнѣе — выдвижная).

Вертикальное разстояніе, назначаемое для горизонтальныхъ сѣченій, зависитъ отъ угла наклоненія: чѣмъ снимаемая мѣстность круче, тѣмъ берется большее вертикальное разстояніе, наоборотъ — меньшее.

Пусть (черт. 276) неровность ВАС требуется изобразить ее горизонталями при помощи эклиметра, или кипрегеля (на мензулѣ). Вертикальное разстояніе горизонтали отъ горизонтали $= 0,5$ саж.

Даютъ рейкѣ величину $0,5$ саж. (если она выдвижная) плюсъ высота глаза наблюдателя отъ поверхности земли. Предварительно сьемщикъ чрезъ вершину А, по направленію главныхъ скатовъ провѣшиваетъ линіи ВАС, НАС, РАМ и опредѣляетъ величину горизонтальныхъ угловъ пересѣченія этихъ линій при точкѣ А.

Инструментъ устанавливаютъ въ точкѣ А, а по линіямъ АВ, АС, АМ... рабочій ставитъ рейку въ такія точки, въ которыхъ линія визирования чрезъ установленный горизонтально инструментъ совпадала бы съ вершиной рейки.

Отысканныя точки 1, 1, 1, будутъ отстоять по вертикали отъ вершины А на желаемое разстояніе, въ данномъ случаѣ $= 0,5$ саж. Эти точки первой горизонтали обозначаются на мѣстности колышками съ № 1.

Затѣмъ измѣряются разстоянія колышковъ отъ точки А и также, если требуется, углы наклоненія линій.

Для назначенія точекъ второй горизонтали увеличиваютъ длину рейки на $0,5$ саж. и, по предъидущему, назначаютъ искомыя точки; обозначая ихъ на мѣстности колышками № 2-й. Если же длину рейки нельзя увеличить, то переходятъ съ инструментомъ въ точки первой горизонтали, и отсюда опредѣляютъ точки 2-й горизонтали и т. д.

При этой работѣ получаютъ слѣдующія данныя: 1) *вертикальное разстояніе горизонталей* одинаковое вездѣ (допускаютъ брать и различное, но тогда при накладкѣ на планъ необходимо записать вертикальное разстояніе, иначе нельзя будетъ судить о видѣ поверхности дан-

ной мѣстности); 2) *горизонтальныя разстоянія горизонталей* (вычисляемая по истиннымъ и углу наклоненія) тѣмъ большее, чѣмъ уголъ наклоненія меньше и наоборотъ, и 3) *уголъ наклоненія*.

Накладка ситуациі на планъ производится такъ: (черт. 277) проводятся линіи ВАС, NAS, РАМ, пересѣкающіяся въ точкѣ А подъ углами, соотвѣтственно равнымъ таковымъ на мѣстности. Отъ точки А откладываютъ по линіямъ АВ, АС, АР, АМ.... горизонтальныя проложенія разстояній точекъ первой горизонтали отъ точки А; соединяють отмѣченныя точки кривою линіею, получается изображеніе первой горизонтали.

Такимъ же путемъ получается на планѣ вторая и третья горизонтали.

Предъ ситуационной съемкой важно нанести на планъ точки вершинъ возвышеній и очертаніе границъ углубленій.

И то и другое не представляетъ затрудненій: вершины могутъ быть и точками триангуляціи, а углубленія—овраги, балки, котловины—снимаются какъ и всякія другія внутреннія контуры.

При съемкѣ ведется журналъ въ такой формѣ.

Журналъ ситуационной съемки горы „Крейдухи“ веденной 1878 года 15-го Іюня.					
Линіи.	Румбы.	РАЗСТОЯНІЯ.			Примѣчанія.
АВ	NO : 10°	Отъ А до № 1	Отъ № 1 до 2	Отъ № 2 до 3	Вертикальное разстояніе го- ризонталей == 0,5 саж.
АС	NW : 50°	40 саж.	60 саж.	43 саж.	
АД	SW : 40°	26.	24.	30.	
		16.	22.	74.	
Инструментъ перенесенъ въ		№ 3-й.			
	Отъ № 3 до 4	Отъ 4 до 5	Отъ 5 до 6		
АВ	—	46.	38.	42.	
АС	—	50.	52.	70.	
АД	—	47.	46.	64.	
Инструментъ перенесенъ въ		№ 6-й.			
	Отъ № 6 до 7	Отъ 7 до 8	Отъ 8 до 9		
АВ	—	43.	48.	71.	
АС	—	45.	51.	68.	
АД	—	48.	54.	72.	
	и т. д.				

По плану, вычерченному горизонталями, можно рѣшать слѣдующія задачи: 1) *опредѣлять высоту точекъ другъ относительно друга*, 2) *проектировать направление дороги съ даннымъ уклономъ* и 3) *составить профиль данной мѣстности по желаемому направлению*.

1) Для рѣшенія, насколько одна точка выше или ниже другой, нужно сосчитать число горизонталей между ними и таковое помножить на вертикальное разстояніе между горизонталями.

2) Для рѣшенія этой задачи, предварительно нужно уяснить, что между вертикальнымъ и горизонтальнымъ разстояніемъ горизонталей для каждаго угла наклоненія существуетъ опредѣленное отношеніе.

Таблица отношеній при вертикали = 1.

Углы наклоненія	1°	2°	3°	4°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
Отношенія горизонт. разстояній къ вертикал. . . .	57,29	28,64	19,08	14,30	11,43	5,6	3,73	2,75	2,14	1,75	1,45	1,19	1

Вывести эти отношенія можно графическимъ путемъ: берется (черт. 278) уголъ $\angle AOB = 45^\circ$, дѣлится на 9 равныхъ частей, получаются углы въ $5^\circ, 10^\circ, 15^\circ, 20^\circ$ Откладываютъ на линіи AS , перпендикулярной къ AB , величину Aa и черезъ точку a проводятъ линію ab , параллельную AB , она пересѣчетъ стороны угловъ въ точкахъ — $m, o, h, f, e, d, c, n, b$; если изъ этихъ точекъ опустить перпендикуляры на линію AB , то линіи — AM, AO, AN и т. д. суть проекціи линій соответствующихъ угловъ наклоненія. Нужно замѣтить, что для угла въ 45° горизонтальное разстояніе равно вертикальному, т. е., $Aa = Am$, а съ уменьшеніемъ угла наклоненія горизонтальное разстояніе становится все болѣе и болѣе вертикальнаго, такъ напр., для угла въ 5° горизонтальное разстояніе относится къ вертикальному какъ $11,43 : 1$, т. е., $AB : Aa = 11,43 : 1$, или $AB = 11,43. Aa$.

Отношенія эти получаютъ путемъ эмпирическимъ, по сравненію Aa съ линіями AB, AN, AC, AD, AE

Для удобства измѣренія и сравненія, линію Aa берутъ въ масштабъ, а не произвольной длины; такъ напр., пусть Aa равна въ масштабъ 10-ти саж.; измѣряя же какую нибудь линію AD (проекція для угла въ 20°), находятъ, что она равна 27,5 саж. въ масштабъ; слѣдоват., отношеніе $AD : Aa = 27,5 : 10$, или $AD = Aa. \frac{27,5}{10}$.

Пусть (черт. 279) на мѣстности, изображенной горизонталями EE' , DD' , CC' , BB' , требуется отъ точки A къ вершинѣ F провести дорогу, уголъ наклоненія которой равнялся-бы 5° .

Зная отношеніе горизонтальныхъ и вертикальныхъ разстояній горизонталей и углы наклоненія мѣстности по AF , можно опредѣлить направление дороги съ даннымъ уклономъ.

Сначала опредѣляютъ направление дороги между 4-й и 3-й горизонталью: по таблицѣ находятъ отношеніе горизонтальныхъ разстояній къ вертикальнымъ для угловъ въ 5° и 15° ; для 5° — 11,43, а для 15° — 3,73; слѣдоват., отношеніе горизонтальныхъ разстояній другъ къ другу, при углахъ наклоненія въ 5° и 15° равно $\frac{11,43}{3,73} = 3,06$; т. е., длина дороги между 3-й и 4-й горизонталями будетъ болѣе Am въ $3,06 = 3,06 Am$.

Чтобы нанести на планъ направление дороги, линію Am , взятую въ масштабѣ, увеличиваютъ въ 3,06 и, взявши эту величину въ отверстіе ножекъ циркуля, изъ точки A , какъ изъ центра, проводятъ дуги, пересѣкающія 3-ю горизонталь въ точкахъ o и q ; Ao и Aq — будутъ направленія дороги съ пятиградуснымъ уклономъ.

Для проектированія дороги между 3-й и 2-й горизонталью нужно линію mb помножить на 3,06 (такъ какъ уклонъ одинаковъ съ предыдущимъ) и отъ точекъ o и q , по предыдущему нанести на 2-ю горизонталь (DD') точки h и y .

Длина проекціи дороги между 2-й и 1-й горизонталью опредѣлится, если величину bt помножить на $\frac{11,43}{2,75}$ (отнош. для угла въ 5°) — $4,15 bt$.

Измѣривъ циркулемъ величину bt , увеличиваютъ ее въ 4,15 разъ и наносятъ по предыдущему отъ точекъ h и y точки p и r ; линіи hp и yr выразятъ проекцію дороги между 1-й и 2-й горизонталями.

Въ результатѣ получаются ломанныя линіи: $AohprF$ и $AqyrF$ которыя и суть проекціи искомага направленія дороги.

Опредѣливши на планѣ румбы этихъ направленій и зная положеніе точки A , можно по этимъ даннымъ нанести проектъ дороги на мѣстность.

2) Зная вертикальныя и горизонтальныя разстоянія горизонталей, можно по ситуационному плану составить *профиль* какого либо возвышенія или углубленія, т. е., *линію вертикальнаго спяченія таковыхъ*.

Пусть (черт. 280) требуется составить профиль неровности $BNCQ$ по линіи BC . Для этого (черт. 281) на произвольной линіи YZ отъ

какойнибудь точки B' , соответствующей точкѣ B на планѣ, откладываютъ $B'D' = BD$, $B'E' = BE$, $B'F' = BF$ и т. д.; въ точкахъ D' , E' , F' возставляютъ перпендикуляры и если, напр., вертикальное разстояніе горизонталей $= 1$ саж., то при точкахъ D' и P' на перпендикулярахъ откладываютъ по 1-й саж., при точкахъ E' и T' — 2 саж., при F' и S' — 3 саж. и т. д. Полученныя такимъ путемъ точки B' , d' , e' , f' , k' , m' , o' соединяются кривою линіей $B'defkmo$ C' , которая и будетъ профилемъ данной неровности.

Для большей наглядности профиля, горизонтальныя разстоянія откладываются въ масштабѣ въ 5—10—20 и т. д. меньшемъ масштаба вертикальныхъ разстояній.

Несмотря на точность изображенія неровностей горизонталями, способъ этотъ мало нагляденъ, что и составляетъ главный недостатокъ его.

Для нагляднаго изображенія рельефа мѣстности, неровности, выражаютъ на планѣ, кромѣ горизонталей, *штрихами*.

При изображеніи неровностей штрихами, соблюдаются слѣдующія правила.

1) *Чѣмъ больше уголъ наклоненія, тѣмъ толщина штрихи увеличивается въ ущербъ промежутку.*

2) *Штрихи проводятся по направленію линій наибольшаго паденія.*

Слѣдовательно, по виду штриховъ можно судить о крутизнѣ скатовъ, а по направленію ихъ — о направленіи скатовъ.

Линіей наибольшаго паденія, или линіей главнаго ската, называется та линія, по которой стремится свободно пущенное тѣло скатиться съ вершины къ подошвѣ.

Такъ какъ эта линія самая кратчайшая, то она необходимо должна быть перпендикулярна къ горизонтальнымъ сѣченіямъ неровности. Слѣдоват., штрихи должны быть перпендикулярны къ горизонталямъ.

Системъ изображенія штрихами неровностей, существуетъ нѣсколько, изъ нихъ наиболѣе употребительныя: *Лемана, Болотова и Военно-Топографическаго отдѣла*.

1) *Система Лемана* состоитъ въ слѣдующемъ: предполагается, что вся мѣстность освѣщается рядомъ отвѣсныхъ лучей; при этомъ предположеніи мѣста отлогія будутъ освѣщены сильнѣе, а мѣста крутыя — слабѣе.

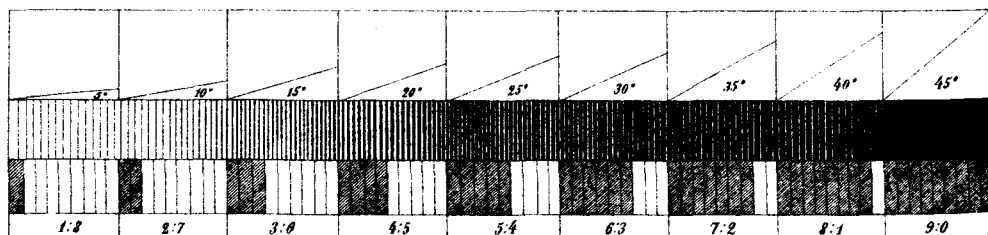
Чтобы судить по плану о степени крутизны, Леманъ степень свѣта и тѣни выразилъ отношеніемъ ширины промежутка между штрихами къ толщинѣ штриха.

Мѣстности съ угломъ наклоненія въ 45^0 и болѣе, покрываются на планѣ сплошь тушью, какъ мѣста недоступныя, а имѣющія меньше пяти градусовъ не заштриховываются.

Слѣдоват., толщина штриха при углѣ наклоненія въ 5° относится къ ширинѣ промежутка какъ

					5:(45—5)= 1:8
"	"	"	ВЪ 10 ⁰	КАКЪ	10:(45—10)= 2:7
"	"	"	ВЪ 15 ⁰	"	15:(45—15)= 3:6
"	"	"	ВЪ 20 ⁰	"	20:(45—20)= 4:5
"	"	"	ВЪ 25 ⁰	"	25:(45—25)= 5:4
"	"	"	ВЪ 30 ⁰	"	30:(45—30)= 6:3
"	"	"	ВЪ 35 ⁰	"	35:(45—35)= 7:2
"	"	"	ВЪ 40 ⁰	"	40:(45—40)= 8:1
"	"	"	ВЪ 45 ⁰	"	45:(45—45)=45:0

Шкала штриховъ Лемана.



2) *Шкала Болотова* заключаетъ въ себѣ также девять разрядовъ покатостей, отношеніе толщины штриховъ къ ширинѣ промежутка между ними такое же какъ и въ шкалѣ системы Лемана, но соответствуютъ онѣ инымъ угламъ наклоненія, какъ показано въ таблицѣ.

Углы наклоненія по Леману .	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
Углы наклоненія по Болотову .	1°	2°	4°	7°	11°	16°	23°	32°	45°
Отношеніе толщины штриха къ промежутку.	1:8	2:7	3:6	4:5	5:4	6:3	7:2	8:1	9:0

Для измѣненія такимъ образомъ шкалы Лемана, Болотовъ имѣлъ слѣдующія основанія: Россія, страна равнинная; въ ней мало встрѣчается крутыхъ покатостей, поэтому шкала, примѣняемая въ ней, должна имѣть болѣе разрядовъ штриховъ для слабыхъ покатостей и меньше для крутыхъ.

По шкалѣ Лемана, —слабыхъ покатости, меньшія 5° , не выражаются вовсе; по Болотову выражаются покатости начиная съ 1° .

Но въ шкалѣ Болотова всетаки есть существенные недостатки: во первыхъ она даетъ очень сильныя тѣни для слабыхъ покатостей; во вторыхъ, градація угловъ наклоненія совершенно произвольна и не выражаетъ никакого закона, или правильной послѣдовательности; въ третьихъ, черченіе и распознаваніе вычерченныхъ по ней покатостей также затруднительно, какъ и по шкалѣ Лемана.

Поэтому для вычерчиванія ситуационныхъ плановъ новыхъ топографическихъ съемокъ Россіи, принята съ недавняго времени новая шкала, получившая названіе „шкалы Военно-Топографическаго отдѣла“.

3) *Ситуационное черченіе по системѣ Военно-Топографическаго отдѣла* имѣетъ цѣлью, различать покатости по ихъ доступности для человѣка, или, что все равно, по трудности восхожденія.

Шкала ея имѣетъ 10 разрядовъ покатостей, наклоненіе которыхъ, начиная отъ 1° , увеличивается до 45° такимъ образомъ, что трудность восхожденія по нимъ возрастаетъ въ геометрической прогрессіи (каждый уголъ меньше слѣдующаго въ 1,6 раза, точно также, какъ и горизонтальныя проложенія) (табл. А).

Таблица А

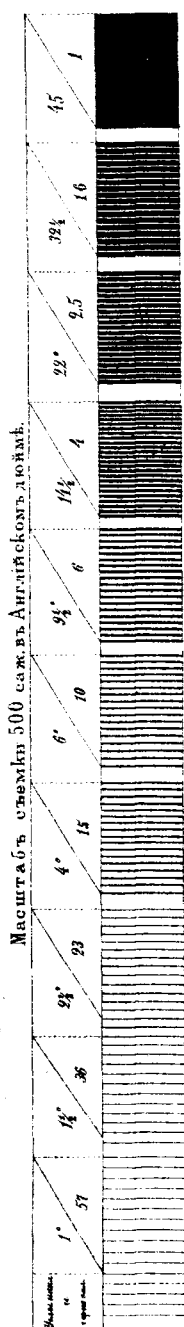
Углы наклоненія.	Горизонтал. проложенія при вертик. 1.	Отношеніе толщ. штриха къ промежутку.
1°	57	
$1\frac{1}{2}^{\circ}$	36	
$2\frac{1}{2}^{\circ}$	23	
4	15	
6	10	1:5
10	6	2:4
15	4	3:3
22	2,5	4:2
33	1,6	5:1
45	1	6:0

Шкала штриховъ В. Т. О. составлена такимъ образомъ, что она значительно облегчаетъ черченіе и различаніе штриховъ разныхъ разрядовъ и не затемняетъ отлогихъ покатостей темными тѣнями.

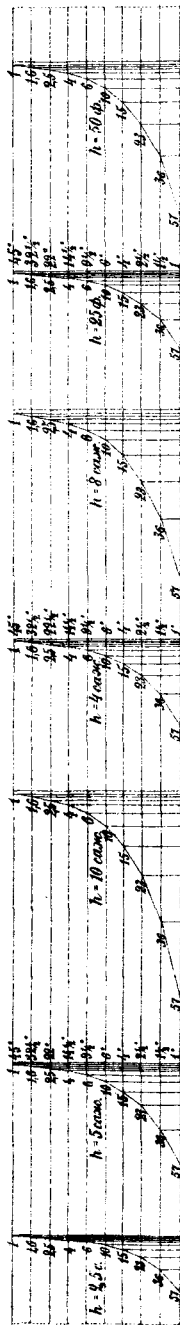
Штрихъ покатостей угловъ наклоненія до 6° чертится безъ всякаго утолщенія (разница въ обозначеніи угловъ 1° , $1\frac{1}{2}^{\circ}$, $2\frac{1}{2}^{\circ}$, 4° , 6° состоитъ въ количествѣ штриховъ, приходящихся на какуюнибудь единицу мѣры, на дюймъ на прим.). Табл. А.

Штрихъ 10° утолщенъ, но такъ, что остается тоньше промежутка.

Шкала штриховъ Военно-Топографическаго Отдѣла.



Длина промежутка между вертикалями при вертикальной, расстоянии между вертикалями равная:



Штрихъ 15° равенъ промежутку.

Штрихъ 22° толще промежутка.

Штрихъ 33° еще толще, такъ что ставится 4 штриха на протяженіи 5-ти штриховъ предъидущаго класса.

Покатость въ 45° затушевывается сплошь.

4) Грубая шкала штриховъ, употребляемая при военно-глазомерныхъ съемкахъ, построена на слѣдующихъ началахъ: покатоности въ 5° считаются вполне доступными для всѣхъ трехъ родовъ оружія (пѣхоты, кавалеріи и артиллеріи) и потому не зачерчиваются штрихами; покатоности же выше 45° , какъ совершенно недоступныя, покрываются тушью.

Углы наклоненія отъ 5° до 45° раздѣляются на 4 разряда.

1-й разрядъ, отъ 5° до 15° , чертится совершенно тонкими рѣдкими штрихами.

2-й разрядъ, отъ 15° до 25° , вычерчивается утолщеннымъ штрихомъ, толщина котораго менѣе промежутка.

3-й разрядъ, отъ 25° до 35° , — толщина штриха равна промежутку.

4-й разрядъ, отъ 35° до 45° — толщина штриха болѣе промежутка.

При скорыхъ работахъ употребляется особый видъ штриха, *вязанный штрихъ*. Онъ не представляетъ особой системы вы-

черчиванія покатостей и можетъ быть употребляемъ при всякой шкелѣ.

Иногда на хозяйственныхъ планахъ изображаются неровности мѣстности *отмывкою кистью*, обозначая измѣненія покатостей тѣнями; при этомъ, чтобы не затемнять изображеній внутреннихъ контуръ, за начало берется покатость въ 15° , всѣ же меньшія покатости принимаются за горизонтальныя плоскости.

Мѣста на планѣ, покрытыя свѣтлою тушью, одинъ разъ будутъ выражать уголъ наклоненія въ 15° , два раза $= 20^{\circ}$, три раза $= 25$ и т. д.

По такъ составленному плану нельзя получить полного и точнаго представленія объ измѣненіяхъ рельефа мѣстности, но возможно выразить только общій видъ покатостей.

Перечерчиваніе (копировка) плановъ.

Копіи съ плановъ чертятся или въ одинаковомъ масштабѣ съ оригиналомъ, или въ различномъ.

Для полученія копій безъ измѣненія масштаба оригинала, поступаютъ слѣдующимъ образомъ:

1) Перерисовываютъ на свѣтъ; для этого хорошо имѣть рамку съ стекломъ.

2) Переводятъ оригиналъ на прозрачную бумагу или каленкоръ, натираютъ изнанку угольнымъ, или графитнымъ порошкомъ и передавливаютъ линіи оригинала съ прозрачной бумаги на листъ копій.

3) Перекалываютъ точки оригинала на листъ копій; послѣднимъ способомъ можно получить сразу до трехъ копій.

Полученіе копій въ масштабѣ увеличенномъ или уменьшенномъ, сравнительно съ масштабомъ оригинала, производится нѣсколькими способами:

1) *Посредствомъ разбивки на квадраты.* Оригиналъ и листъ копій дѣлятъ на квадраты: чтобы стороны квадратовъ копій были въ данномъ отношеніи (уменьшенія или увеличенія) къ сторонамъ квадратовъ оригинала.

Величина квадратовъ на оригиналѣ зависитъ отъ количества подробностей—чѣмъ ихъ больше, тѣмъ квадраты меньше, и наоборотъ.

Подробности, заключающіяся внутри квадратовъ оригинала, переносятся въ соотвѣтствующіе имъ квадраты копій отмѣрами на глазъ отъ сторонъ ихъ. Для болѣе же точнаго назначенія границъ внутреннихъ угודій и точекъ окружной межи, таковыя наносятся по ординатамъ или засѣчками (черт. 282).

Для уменьшенія линий, въ данномъ отношеніи можно построить *пропорціональный масштаб* (черт. 283).

Пусть требуется уменьшать линии въ отношеніи 3 : 5; строить прямоугольный треугольникъ ABC, въ которомъ отношеніе катетовъ $\frac{AC}{BC} = \frac{3}{5}$. Если на катетѣ BC отложить какія либо линіи BK и BM, изъ точекъ K и M возставить перпендикуляры KE и MN къ BC до пересѣченія съ AB, то: $KE = \frac{3}{5} BK$ и $MN = \frac{3}{5} BM$.

2) Уменьшая или увеличивая стороны окружной межи при помощи пропорціональнаго масштаба, по сторонамъ и угламъ можно построить многоугольникъ, подобный многоугольнику оригинала.

3) Если данный планъ не великъ, то разбиваютъ его диагоналями на треугольники и переносятъ ихъ на листъ копіи въ данномъ уменьшеніи или увеличеніи, при помощи циркуля и пропорціональнаго масштаба (по тремъ сторонамъ).

Построеніе треугольниковъ на листѣ копіи начинаютъ съ срединнаго, потому что тогда погрѣшности отложенія распределятся равномерно въ обѣ стороны.

Для нанесенія же подробностей, находящихся въ каждомъ треугольникѣ, дѣлятъ стороны его, какъ на оригиналѣ, такъ и на копіи, на одинаковое число равныхъ частей и точки дѣленія одной стороны соединяютъ съ соотвѣтствующими точками другой. Такимъ путемъ получается съѣтъ неправильныхъ четырехугольниковъ и треугольниковъ, подробности внутри которыхъ могутъ быть перенесены съ оригинала на копію—или на глазъ, или по ординатамъ.

Вмѣсто пропорціональнаго масштаба съ большимъ удобствомъ можетъ быть при копировкѣ примѣненъ *пропорціональный циркуль* (черт. 284). Онъ состоитъ изъ двухъ равныхъ ножекъ ae и bd , соединенныхъ подвижнымъ шарниромъ c . Внутри ножекъ сдѣланы прорѣзы, въ которыхъ шарниръ c , служащій осью вращенія ножекъ, перемѣщается.

Если $ce = cd$, то и $cb = ca$, тогда слѣдов., треугольники cde и acb подобны; изъ ихъ подобія можно составить такую пропорцію $ab : de = ac : ce$; т. е., во сколько разъ верхніе концы ножекъ будутъ меньше нижнихъ, во столько и разстоянія между концами d и e меньше разстоянія между a и b .

Перестановкой шарнира c измѣняется отношеніе ab и de . На сторонѣ ножки bd имѣются дѣленія, означенныя цифрами 1, 2, 3....., на которыя и ставится шарниръ c , смотря по требуемому уменьшенію.

Вышепоименованные способы употребляются для копировки небольшихъ плановъ; если же планъ великъ и содержитъ много подробностей,

то эти способы неудобны и отнимают много времени. Тогда для копировки употребляют инструментъ, называемый *пантографомъ*.

Устройство пантографа основывается на слѣдующей теоріи: представимъ себѣ двѣ планки AC и AF (черт. 285), соединенныя двумя другими планочками $BD = AE$ и $DE = AB$.

Если точки A, B, D, E представляютъ оси, на которыхъ планочки могутъ вращаться, то при всякомъ углѣ CAF, составленномъ планками AC и AF, фигура ABDE всегда будетъ параллелограммъ.

Положимъ, что O — постоянная точка, около которой обращается планка BD, M — произвольная точка на планкѣ AF, N — точка на планкѣ AC — находятся на прямой NOM.

При перемѣщеніи точки N въ N', всѣ точки планокъ, исключая точки O, перемѣстятся и тогда M приметъ какое нибудь положеніе M'.

При такомъ перемѣщеніи должно замѣтить три положенія:

1) Точки N, O, M должны находиться на одной прямой линіи при всякомъ положеніи планокъ.

2) Прямая NN' параллельна къ прямой MM'.

3) Всегда существуетъ пропорція: $MM' : NN' = BM : AB$.

Пусть планочки приняли положеніе *ac*, *af*, тогда слѣдов., $AM = aM'$, $AN = aN'$, $BO = bO$ и т. д.

Соединивъ точки M' и N' съ точкой O, получаютъ два подобныхъ треугольника boM' и $aM'N'$. Дѣйствительно, по подобію треугольниковъ BMO и AMN, $BO : BM = AN : AM$; но $bo = BO$, $bM' = BM$, $aN' = AN$ и $aM' = AM$; замѣняя равныя величины равными получаютъ $bo : bM' = aN' : aM'$, кромѣ этого $\angle obM' = \angle N'aM'$ (соотвѣтственные при параллельныхъ линіяхъ), а потому треугольники boM' и $aM'N'$ подобны и $\angle bM'O = \angle aM'N'$; эти углы имѣютъ общую вершину и стороны ихъ M'a и M'b совмѣщаются; слѣдовательно, и стороны M'O и M'N' должны совмѣститься, т. е., линія M'ON' есть прямая линія.

Если линія M'ON' прямая, то треугольники MOM' и NON' подобны, такъ какъ $\angle MOM' = \angle NON'$ (вертикальные) и стороны, заключающія эти углы, пропорціональны, что выводится изъ слѣдующаго:

$$OM : ON = BM : AB$$

$$OM' : ON' = bM' : ab$$

но такъ какъ $bM' = BM$ и $ab = AB$, то слѣдовательно:

$$OM : ON = bM' : ab$$

$$OM' : ON' = bM' : ab.$$

Соединивъ равныя отношенія въ одну пропорцію, получимъ:

$$OM : ON = OM' : ON'.$$

Изъ подобія этихъ треугольниковъ слѣдуетъ, что $\angle OMM' = \angle ONN'$, по положенію соответственныя, слѣдоват., линія MM' и NN' параллельны.

Изъ подобія тѣхъ же треугольниковъ выводится слѣдующая пропорція: $MM' : NN' = OM : ON = BM : AB$ (I).

Слѣдовательно: если точка N опишетъ какую нибудь фигуру, то точка M въ то-же время начертитъ фигуру подобную первой. Отношеніе между сторонами обѣихъ фигуръ опредѣляется изъ пропорціи (I).

Положимъ, требуется начертить копію съ сторонами вдвое меньшими сторонъ оригинала, т. е., $MM' : NN' = \frac{1}{2} : 1$.

Такъ какъ по пропорціи (I) $MM' : NN' = BM : AB$, то для желаемого уменьшенія необходимо, чтобы $BM : AB = \frac{1}{2} : 1$ то есть, $BM = AB \cdot \frac{1}{2} = \frac{AB}{2}$.

Но перемѣщая точку M (при не измѣняющей свое положеніе точкѣ N) для того, чтобы линія MON была прямая, требуется перемѣстить и ось вращенія пантографа, т. е., точку O . Куда ее перемѣстить—это видно изъ пропорціи:

$$OB : BM = AN : AM \text{ или}$$

$$OB : \frac{1}{2}AB = AN : (AB + \frac{1}{2}AB) \text{ или}$$

$$OB : \frac{1}{2}AB = AN : 1\frac{1}{2}AB;$$

Слѣдоват., разстояніе точки O до B , при уменьшеніи въ два раза, или линія $OB = \frac{\frac{1}{2} AB \cdot AN}{(\frac{1}{2} + 1) \cdot AB} = \frac{AN \cdot \frac{1}{2}}{\frac{3}{2}} = \frac{1}{3} AN = \frac{AN}{3}$.

Вообще, если взять отношеніе $MM' : NN' = n : 1$, то (по пропорціи: $MM' : NN' = BM : AB$) $BM : AB = n : 1$, или $BM = AB \cdot n$ (II); изъ пропорціи же $OB : BM = AN : AM$ выводится, что $OB : AB \cdot n = AN : (AB + AB \cdot n)$, или $OB : AB \cdot n = AN : (1 + n) \cdot AB$, или $OB = \frac{AB \cdot n \cdot AN}{(1 + n) \cdot AB} = \frac{n}{1 + n} \cdot AN$ (III).

Пантографъ состоитъ изъ четырехъ планокъ (черт. 286) AC , AF , BD , DE , вращающихся около осей A , B , D , E и образующихъ параллелограммъ или ромбъ $ABDE$. Къ планкѣ AC придѣланъ штифтъ N . По длинѣ планокъ AF и BD передвигаются скобы M и O съ цилиндрическими сквозными отверстіями. Въ отверстіе M вставляется карандашъ, а въ точкѣ O , служащей осью вращенія инструмента, укрѣпляется грузъ Q , препятствующій скользить инструменту. На планкахъ BF и BD наносятся дѣленія сообразно формуламъ (II и III).

Съ помощью нажимательныхъ винтовъ возможно неподвижно укрѣплять скобы М и О.

Инструментъ лежитъ на колесикахъ, помѣщенныхъ снизу планокъ. Надъ планками протягивается нить, посредствомъ которой можно приподнимать карандашъ, чтобы острие его не дотрогивалось до бумаги (если необходимо прервать линію копіи).

Пусть требуется получить копію въ масштабѣ въ три раза меньшемъ оригинала. По формуламъ находятъ: $MB = \frac{1}{3} AB$; $OB = AN$.

$\frac{1/3}{1+1/3} = \frac{AN}{4}$; найдя эти дѣленія на планкахъ ВF и ВD, устанавливаютъ на нихъ скобы О и М; въ N вставляютъ обводный штифтъ, а въ М — карандашъ для копій.

Если же наоборотъ: необходимо получить копію въ масштабѣ въ три раза больше оригинала, тогда, установивъ скобы О и М по предыдущему, помѣщаютъ подъ точку N листъ копій, а оригиналъ подъ М.

Для перерисовки плановъ пантографомъ необходимъ столъ съ горизонтальной доской, представляющей плоскость и дающей достаточно мѣста для оригинала и копій.

Устанавливаютъ ось вращения и рисующій штифтъ согласно требуемому отношенію.

Чтобы дать бумагѣ копій надлежащее положеніе относительно оригинала, назначаютъ на ней прямоугольную рамку, стороны которой устанавливаются соотвѣтственно параллельно сторонамъ рамки оригинала.

Бумагу передвигаютъ по столу, пока не придадутъ ей такого положенія, при которомъ рисующій штифтъ совпадаетъ на листѣ копій съ тремя сторонами рамки, соотвѣтственно таковымъ на оригиналѣ, проходящимъ обводнымъ штифтомъ. При этомъ закрѣпляютъ на столѣ оригиналъ и листъ копій кнопками, или наложеніемъ тяжести. Подобная установка дѣлается всякій разъ, когда приходится измѣнять положеніе пантографа при работѣ.

Если при копировкѣ плановъ дается отношеніе не масштабовъ, а площадей, то изъ такового легко вывести и линейное отношеніе масштабовъ. Напр., требуется получить копію, площадь которой была бы въ 10 разъ меньше площади оригинала.

Зная, что площади подобныхъ фигуръ относятся между собою какъ $\frac{p}{P}$ (площадь копій)
квадраты сходственныхъ сторонъ, можно написать: $\frac{p}{P}$ (площадь оригинала)

$= \frac{a^2}{A^2}$ (сторона копій); если $\frac{p}{P} = \frac{1}{10}$, то и $\frac{a^2}{A^2} = \frac{1}{10}$, или $\frac{a}{A} = \frac{\sqrt{1}}{\sqrt{10}} = \frac{1}{3,1623}$. т. е., масштабъ копій долженъ быть въ 3,1623... раза меньше масштаба оригинала.

ЛѢСНАЯ СЪЕМКА.

Цѣль лѣсной съемки изображеніе на планѣ всѣхъ предметовъ, которые необходимо принять въ соображеніе при правильномъ лѣсоустройствѣ, поэтому съемщикъ долженъ быть знакомъ съ терминами лѣсоводства и лѣсоустройства. Рассмотримъ главнѣйшее вкратцѣ.

Насажденіемъ называется часть лѣса, отличающаяся отъ другихъ свойствомъ почвы, породою, возрастомъ, качествомъ и густотою деревьевъ. Крайне затруднительно дать точныя правила: какимъ образомъ выдѣляется насажденіе, такъ какъ рѣшеніе этого вопроса зависитъ отъ степени подробности съемки и личныхъ требованій. Ниже приводятся нѣкоторыя правила для руководства при раздѣленіи лѣсовъ на насажденія.

1) *Почва*.—На планахъ болотистая почва отдѣляется отъ сухой; мѣста песчаная, гористая, каменистая также должны быть показаны отдѣльно.

2) *Порода*.—Въ этомъ отношеніи насажденія раздѣляются на чистыя и смѣшанныя. Чистыми насажденіями называются такія, гдѣ лѣсъ состоитъ изъ одной породы, если же изъ нѣсколькихъ—то смѣшанными. Если изъ породъ, составляющихъ смѣшанное насажденіе, двѣ или три господствующія, то по нимъ и дается названіе; остальные породы отмѣчаются какъ прибавочныя и на черновомъ абрисѣ напр., пишутъ: „сосна, береза съ елью, частью осина и ива“; т. е., та порода, которой больше, должна быть поставлена впереди; союзъ „съ“ показываетъ, что ели немного въ березѣ, а слово „частью“—что осина и ива разсѣяны по насажденію въ маломъ количествѣ. Обозначеніе породъ такимъ образомъ по своему разнообразію до нѣкоторой степени произвольно, точность его, большая или меньшая, всецѣло зависитъ отъ цѣли съемки.

3) *Возрастъ*.—Благоустроеннымъ лѣсомъ называется такой, въ которомъ есть деревья всѣхъ возрастовъ (въ отдѣльныхъ дѣлянкахъ—одновозрастные) отъ самыхъ молодыхъ до самыхъ старыхъ; въ противномъ случаѣ доходы каждаго года не будутъ одинаковы. Необходимо на планѣ опредѣлить число десятинъ подъ каждымъ возрастомъ; тогда можно будетъ судить и о величинѣ дохода съ лѣса не только настоящаго, но и будущаго.

По возрасту лѣса дѣлятся на классы. Въ Германіи между классами лѣтъ принятъ періодъ времени въ 20 лѣтъ и всѣхъ классовъ—пять.

Въ Баваріи практикуется раздѣленіе на четыре класса, по времени поспѣванія и т. под.

При разбивкѣ лѣсовъ въ Россіи, принято раздѣленіе по породамъ и оборотамъ рубки въ 100 лѣтъ, такого рода:

Къ I	возрасту	относятся	насажденія	отъ	1	до	25	лѣтъ.
" II	"	"	"	"	26	до	50	"
" III	"	"	"	"	51	до	75	"
" IV	"	"	"	"	76	до	100	"

Такое дѣленіе примѣняется для высокоствольныхъ деревьевъ, выносящихъ высокій оборотъ рубки, наприм.—для сосны.

Для породъ, которыхъ средняя продолжительность жизни меньшая, напр., березы, ольхи, осины и пр., оборотъ рубки будетъ отъ 30 до 45 лѣтъ и раздѣленіе будетъ такого рода:

Къ 1-му	возрасту	относятся	насажденія	отъ	1-го	до	15-ти	лѣтъ.
" 2-му	"	"	"	"	16	"	30-ти	"
" 3-му	"	"	"	"	31	"	45-ти	"

Число классовъ возраста, смотря по цѣли выращиваемаго лѣса, можетъ быть увеличено, такъ напр., для корабельныхъ лѣсовъ можетъ быть принятъ еще пятый возрастъ—отъ 90 до 120 лѣтъ.

Раздѣленіе по возрастамъ должно слѣдовать сейчасъ же за раздѣленіемъ по породамъ и обозначается на планахъ *особой* тѣнью краски съ непремѣннымъ причисленіемъ насажденія къ извѣстному классу возраста.

4) *Качество*. Вслѣдствіе многихъ неблагопріятныхъ обстоятельствъ, какъ-то: пожаровъ, безпорядочной рубки, вѣтроваловъ, плохой почвы и пр., насажденія различаются по качеству.

Нельзя обозначить одно и то-же насажденіе по породѣ, но различное въ различныхъ частяхъ по качеству, одинаково: такимъ образомъ. густое рослое насажденіе должно быть отдѣлено отъ болѣе рѣдкаго, потерпѣвшаго отъ невзгодъ (вѣтроваловъ, настькомыхъ, отъ пожара, безпорядочной вырубки и т. п.).

Для выраженія качества принимаютъ насажденія трехъ классовъ: хорошій, посредственный и худой. Понятно, что качество опредѣляется по сравненію, это понятіе относительное; принимается во вниманіе надлежащая густота, правильность, крѣпость ствола и ростъ, но не возрастъ. На абрисѣ—хорошій обозначается цифрой 1, посредственный—2, худой—3.

Назначеніе границъ лѣсамъ.

Подъ словомъ „лѣсъ“ разумѣется пространство земли, назначенное подъ разведеніе лѣсныхъ породъ, пользованіе которыми должно быть упрочено на много лѣтъ: мѣста, вырубленные въ этомъ пространствѣ, должны вновь насаждаться лѣсомъ.

До начала сѣмки нужно узнать: достаточно ли въ хозяйствѣ угодій пользованія—полей, огородовъ, садовъ, луговъ, пастбищъ и пр., какъ въ настоящее время, такъ и на будущее; если недостаточно, то нужно прирѣзать недостающее количество земли отъ площади, занятой лѣсомъ, все же остальное пространство назначить подъ лѣсъ.

Хорошо при назначеніи границъ пользоваться естественными угодьями, какъ напр., рѣками, долинами, хребтами горъ, профѣзжими дорогами и пр.; за недостаткомъ таковыхъ дѣлають ихъ произвольными, но неперемѣнно прямыми линіями.

Угодія, находящіеся внутри лѣса, напр., пастбища, луга и проч., по большей части назначаются подъ насажденія, а вмѣсто нихъ слѣдуетъ выбрать мѣста гдѣ нибудь съ краю лѣса.

Если же эти угодія перенести нельзя, то необходимо стараться отвести ихъ къ одному мѣсту и, отдѣливъ прямыми границами, нанести на планъ.

Также точно отдѣльными группы деревьевъ и выдающіеся углы лѣса выдѣляются изъ общей лѣсной площади.

Граничными знаками лѣса служатъ: ямы, столбы, межи, канавы и пр.

Раздѣленіе лѣсовъ на кварталы.

Способъ оцѣнки и устройства лѣсовъ въ Саксоніи считается однимъ изъ совершенныхъ и образцовыхъ, а потому не лишнее познакомиться съ таковымъ. Раздѣленіе лѣсовъ на кварталы въ Саксоніи производится слѣдующимъ образомъ: на разстояніи 250 саж., по направленію главныхъ господствующихъ вѣтровъ, черезъ весь лѣсъ проводятъ параллельныя просѣки въ 6 саж. шириною; цѣль ихъ—защита отъ вѣтровала, пожара и проч.. для дорогъ, раздѣленіе на хозяйственные части; онѣ называются хозяйственными просѣками или полосами.

На разстояніи 160 саж., перпендикулярно хозяйственнымъ просѣкамъ, полосы раздѣляютъ параллельными просѣками въ 2 саж. ширины, на продолговатые четырехугольники въ $16\frac{1}{2}$ десятинъ, называемые *периодными отдѣленіями*, потому, что каждое изъ нихъ, въ теченіи извѣстнаго числа лѣтъ (періодъ), назначается на вырубку.

Лѣсосѣвки, т. е. пространства лѣса, назначенныя въ извѣстный промежутокъ времени къ полной вырубкѣ, дѣлаются меньшей величины въ слѣдующихъ случаяхъ.

1) Когда климатъ, почва, мѣстоположеніе и пр. неблагопріятны для возобновленія лѣса на лѣсосѣнкахъ, такъ какъ молодой подростъ требуетъ защиты отъ вредныхъ атмосферическихъ вліяній, а чѣмъ площадь лѣсосѣвки меньше, тѣмъ больше защиты отъ сосѣднихъ съ нею деревьевъ.

2) Когда хозяйственные обстоятельства требуютъ, чтобы определенное количество лѣса вырубалось не въ одномъ мѣстѣ, а въ нѣсколькихъ, въ этомъ случаѣ лѣсосѣвки должны быть тѣмъ меньше, чѣмъ ихъ больше.

Бываетъ, что лѣсосѣвки дѣлаются больше назначенныхъ и направленіе хозяйственныхъ просѣкъ измѣняется, въ слѣдующихъ случаяхъ: въ зависимости: *а)* отъ фигуры лѣса; *б)* отъ направленія главныхъ дорогъ, которыя замѣняютъ просѣвки; *с)* отъ различія въ почвѣ; *д)* въ горахъ, гдѣ часто направленіе господствующихъ вѣтровъ перпендикулярно направленію кряжей.

Саксонская система раздѣленія на періодныя отдѣленія, называемыя въ Пруссіи ягенами и въ Россіи дѣлянками или кварталами, принята и у насъ, но съ большими измѣненіями, а именно:

1) Дачи менѣе 200 десятинъ не дѣлятъ на кварталы, если длина не превышаетъ 750 саж., если же длина больше, то раздѣляютъ одною просѣкою, по возможности пополамъ.

2) Дачи отъ 200 до 500 десятинъ раздѣляютъ двумя просѣками взаимно перпендикулярными, если ширина не менѣе половины длины; въ противномъ случаѣ дѣлятъ поперечными просѣками на части, не менѣе 50-ти десятинъ въ каждой.

3) Дачи отъ 500 до 2000 дес. не слѣдуетъ дѣлить на неправильныя фигуры, а поступать такъ: если дача не шире одной версты, то дѣлить ее поперечными и между собою параллельными просѣками, отстоящими одна отъ другой не далѣе версты; дачи округлой формы дѣлятся на кварталы въ одну квадратную версту, имѣющіе углы не менѣе 60° и не болѣе 120° : или на прямоугольники отъ 600—400 саж. въ длину и 400—300 саж. шириною. Правило здѣсь, чтобы внутренніе кварталы были не болѣе 120 дес., а крайніе не менѣе 20 дес., средняя же величина квартала принята въ одну квадратную версту.

4) Дачи отъ 2000 до 5000 дес. могутъ быть раздѣляемы на двѣ, или на три системы въ слѣдующихъ случаяхъ:

а) Если фигура неправильная. имѣетъ перехваты и многіе входящіе и выходящіе углы.

б) Если между высокоствольными находятся и низкоствольныя насаждения и т. п.

5) Если дача болѣе 5000 дес., то ее раздѣляютъ на части, которыя снимаются и раздѣляются независимо одна отъ другой.

Въ казенныхъ лѣсахъ Россіи сторона квадратнаго квартала принята равною 1^{1/2} верстѣ — въ дачахъ I разряда, 2^{1/2} вер. — II^{го}, 3^{1/2} вер. — III^{го} и 4^{1/2} верстамъ въ дачахъ IV^{го} разряда.

Линіи, раздѣляющія лѣсъ на кварталы, проводятъ съ сѣвера на югъ и съ востока на западъ. Иногда дѣлаютъ исключенія:

а) Когда дача лежитъ при рѣкѣ, то одинъ рядъ просѣкъ идетъ перпендикулярно направленію рѣки; другіе ряды находятся въ зависимости отъ фигуры кварталовъ.

б) Если дача пересѣкается большою дорогою, то кварталы располагаются такъ, чтобы діагонали были параллельны дорогѣ.

Иногда дорогу принимаютъ за одну изъ просѣкъ, тогда продольныя просѣки проводятъ ей параллельно, а поперечныя, соответственно фигурѣ кварталовъ.

с) На покатосяхъ отъ 10° до 25° просѣки ни въ какомъ случаѣ не должны идти по направленію линіи наибольшаго паденія, но непременно наискось, для уменьшенія быстроты стока воды, которая иначе легко можетъ образовать рытвины и овраги.

Гдѣ вѣтровалы угрожаютъ опасностью, какъ напр., въ горахъ, на пескахъ, на каменистой почвѣ и проч., тамъ просѣки дѣлаютъ по направленію господствующаго вѣтра, лучше же, если діагонали кварталовъ направлены по господствующему вѣтру.

Если дѣлянки имѣютъ видъ ромбовъ или параллелограммовъ, то къ господствующему вѣтру должны быть обращены тупые углы ихъ.

Если хребетъ горы, на которой растетъ лѣсъ, идетъ дугою, или заворачиваетъ угломъ, тогда кварталы могутъ быть разной величины и формы, лишь бы только было выполнено требованіе расположенія ихъ относительно вѣтровъ.

Противуположные скаты одной и той же горы могутъ быть раздѣлены на кварталы независимо одинъ отъ другаго, но чтобы перекрестки квартальныхъ линій не пришлись на хребтѣ горы.

Вслѣдствіе частыхъ лѣсныхъ пожаровъ у насъ, въ Россіи, полезно было бы дѣлать хозяйственныя просѣки шириною до 10 саж.; онѣ въ то-же время могутъ служить дорогами, сѣнокосами, выгонами; также хорошо окапывать ихъ канавами. Не мѣшало бы дѣлать такой же ширины и поперечныя просѣки. Хорошо если рядъ кварталовъ, имѣющихъ одинъ оборотъ рубки, заключенъ будетъ въ большія просѣки.

Собственно лѣсная съемка.

Лѣсная съемка, какъ и всякая хозяйственная съемка, можетъ быть произведена астролябіей, мензулой, или даже буссолью. Планы составляются въ масштабахъ: 50 — 100 и 200 саж. въ дюймѣ.

Хорошо примѣнять въ съемкѣ мензулу, когда:

а) Дача небольшая и удобно помѣщающаяся на одной доскѣ;

б) Дача пересѣкается полями, лугами, рѣками, широкими оврагами и пр.; вообще когда угодія раздѣляютъ лѣсную дачу на такія части, изъ которыхъ каждая можетъ помѣститься на одномъ планшетномъ листѣ.

Во всѣхъ случаяхъ прежде выбираютъ линіи на мѣстности, которыя могли бы служить границами для каждаго мензульнаго листа; затѣмъ, обозначивъ ихъ на планѣ, снимаютъ ручьи, дороги, контуры насаженій и пр., по способу обхода.

Въ открытыхъ мѣстахъ опредѣляютъ точки засѣчками или полярнымъ способомъ и вообще весь ходъ съемки таковъ, какъ о томъ сказано было выше (см. „Мензульн. съемка“).

Если же требуется произвести подробную съемку большой дачи, съ цѣлью ввести правильное лѣсохозяйство, то примѣняется преимущественно астролябическая съемка.

Съемку начинаютъ обходомъ границъ дачи; затѣмъ проводятъ магистральныя линіи по направленію рѣкъ, ручьевъ, дорогъ и проч.

Для соображенія, какъ удобно разбить снятую дачу на кварталы, осматривается внутри дачи положеніе долинъ, горъ, хребтовъ, болотъ и пр. и обозначается приблизительно на планѣ.

По окончаніи съемки, границы дачи наносятся на планъ и производится разбивка площади на кварталы.

Когда на планѣ лѣсная площадь разбита на кварталы, опредѣляютъ длину, румбы и астролябическіе углы раздѣльныхъ линій и по этимъ даннымъ прокладываютъ ихъ на мѣстности.

Для прочности просѣкъ слѣдуетъ означать ихъ по концамъ деревянными или каменными нумерованными столбиками.

Во время или послѣ разбивки лѣса на кварталы на мѣстности, производятъ съемку подробностей внутри кварталовъ.

При съемкѣ рѣчекъ и ручьевъ обращаютъ вниманіе на ихъ видъ, направленіе теченія; поднятіе воды въ внешнее время въ долинахъ, мѣста заросшія и проч. и все это обозначается на планѣ.

При съемкѣ насаженій проводятъ неширокія просѣки, лишь бы можно было чрезъ нихъ визировать по линіямъ.

Вездѣ, гдѣ стоялъ инструментъ, вбиваютъ колышекъ и, затесавъ ближнее дерево, записываютъ на немъ нумеръ стоянія.

Съемку подробностей лучше производить мензулой.

Планы лѣснаго хозяйства и ихъ отдѣла.

При работѣ астролябіей съ абриса составляется *черновой*, или *основной* планъ, съ котораго копируютъ *абрисный* или *спеціальный* планъ, *планы насаждений* и *хозяйственные*.

Черновые или основные планы должны вестись съ всевозможной тщательностью и чистотою, они не раскрашиваются.

Спеціальный планъ копируютъ съ основнаго въ томъ же масштабѣ; онъ служитъ для вычисленія площади дачи, для повѣрки границъ, для раздѣленія лѣса и для измѣненія перемѣщающихся границъ лѣсонасаждений.

Если дача большой величины, то планъ чертится на нѣсколькихъ отдѣльныхъ листахъ, наклеиваемыхъ на холстъ; такіе планы называются секціями.

На специальныхъ планахъ принято обозначать слѣдующіе предметы такъ: 1) наружныя границы обозначаются тушью сплошными линіями, границы спорныя — пунктиромъ; надписи астролябическихъ и румбическихъ угловъ — тушью; 2) просѣки — двумя черными чертами, ширина — по масштабу; на концахъ просѣкъ пишутся нумера ихъ; 3) луга кроются зеленой краской, поля — желтой, воды — синей, скалы — карминомъ и отмѣняются той же краской; болота — синею съ штрихами, большія дороги — по краямъ киноварью, а въ срединѣ желтою и т. под.; 4) контуры отдѣльныхъ насаждений обводятся черными линіями.

Площади насаждений не иллюминируются красками.

Кварталы нумеруются въ послѣдовательномъ порядкѣ; насаждения означаются малыми буквами, и такъ же какъ и нумера кварталовъ — киноварью.

Для плановъ *лѣсонасаждений* принимается масштабъ въ 200 саж. въ дюймѣ. Эти планы иллюминируются красками, различными по колеру и густотѣ, сообразно породамъ и возрасту лѣса.

Цѣль составленія плановъ лѣсонасаждений — дать возможность обозрѣвать какъ фигуру всего лѣса, такъ и распредѣленіе въ немъ насаждений въ данное время. На этихъ планахъ помѣщаются только такіе предметы, которые здѣсь необходимы и которые могутъ быть выражены въ масштабѣ; какъ напр., всѣ контуры насаждений, воды, дороги, луга, поля, скалы и вообще все относящееся до почвы; граничныя же столбики и предметы, находящіеся внѣ наружныхъ границъ дачи, на планахъ насаждений — не означаются.

Въ Саксоніи принято иллюминировать: хвойныя — тушью, березу — красною, букъ — желтою, дубъ — фіолетовою, ольху — коричневою, осину — темно-синею, низкоствольный лѣсъ — зеленой краской.

Возрастъ насажденій выражается постепеннымъ смягченіемъ коле-ровъ: т. е., старый лѣсъ покрывается густымъ слоемъ, болѣе молодой—нѣсколько слабѣе и т. д., соблюдая, чтобы оттѣнки рѣзко отличались одинъ отъ другаго, чѣмъ доставляется возможность при первомъ взглядѣ судить о возрастахъ.

Пустыя мѣста краской не покрываются. Хорошо было бы, кромѣ всего этого означать на этихъ планахъ выгорѣлыя мѣста, порубки, мѣста, изобилующія валежникомъ, сухостоемъ, рѣдкими насажденіями и проч.

Въ описаніи необходимо пояснять краски и всѣ вообще условные знаки.

Хозяйственные лѣсные планы изображаютъ правильное состояніе лѣсонасажденій, какъ оно должно быть по окончательномъ устройствѣ лѣса; на нихъ обозначается порядокъ постепенной рубки. Такіе планы чертятся въ томъ же масштабѣ какъ и планы лѣсонасажденій, иллюминуются тѣми же красками, съ тою лишь разницей, что 20 лѣтняя дѣлянка, ограниченная просѣками, представляется въ видѣ чистаго насажденія одного класса лѣтъ и покрывается однимъ оттѣнкомъ краски.

Нивелированіе.

По плану, снятому съ какого нибудь участка земли, можно судить о границахъ его, величинѣ общей и cadaго угодіа въ отдѣльности, о расположеніи внутреннихъ контуръ, объ измѣненіи рельефа мѣстности по такимъ планамъ можно судить только въ томъ случаѣ, когда на планѣ нанесены горизонталі. Между тѣмъ, очень часто является необходимость, узнать: на сколько одна точка земной поверхности выше, или ниже другой. Этотъ вопросъ играетъ не маловажную роль при различнаго рода приложеніяхъ въ инженерномъ искусствѣ.

Дѣйствіе, которымъ производится измѣреніе разности уровня точекъ, или ихъ вертикальнаго разстоянія другъ отъ друга, наз. нивелировкой, а отдѣлъ Геодезіа, излагающій приемы этихъ измѣреній, наз. *нивелированіемъ*.

Всякая горизонтальная линія, находящаяся на поверхности земли, вслѣдствіе почти сферическаго вида ея, можно принять, есть дуга окружности, описанной земнымъ радіусомъ (такъ какъ горизонтальная линія перпендикулярна къ отвѣсной, а отвѣсная есть ничто иное, какъ направление земнаго радіуса), а слѣдовательно, разность вертикальныхъ разстояній нѣсколькихъ точекъ отъ общей горизонтальной линіи—будетъ таже самая, какъ и разность разстояній этихъ точекъ отъ центра земли.

Пусть (черт. 287) на земной поверхности взяты три точки А, Е, В, требуется определить разность их разстояній отъ общей горизонтальной линіи FDB, CF, CD, CB — земные радіусы.

Разность уровня точекъ Е и В будетъ линія DE, точекъ В и А — линія AF, точекъ Е и А — линія DE минусъ AF.

Очевидно — разность разстояній точекъ В и Е отъ центра земли С выразится разстояніемъ точки Е отъ горизонтальной линіи; также точно, разность разстояній точекъ Е и А выразится разностью DE — AF....

Точки, находящіяся на одномъ разстояніи отъ центра земли, называются точками одного уровня.

Для опредѣленія разности уровня двухъ или нѣсколькихъ точекъ имѣется три способа нивелированія.

1) *Топографическое нивелированіе* состоитъ въ непосредственномъ измѣреніи частей AF и ED (черт. 287) т. е., въ измѣреніи разности уровня точекъ А, В и Е отъ горизонтальной линіи FDB.

2) *Геодезическое или тригонометрическое нивелированіе* этимъ способомъ величины AF и ED опредѣляются путемъ тригонометрическихъ вычисленій.

3) *Барометрическое нивелированіе* основано на разности давленія атмосферы въ выше и ниже лежащихъ точкахъ.

Два послѣдніе способа имѣютъ приложеніе при измѣреніи высоты горъ, для опредѣленія возвышенія различныхъ точекъ земной поверхности надъ уровнемъ моря и проч.

Для рѣшенія практическихъ вопросовъ, касающихся проведенія канавъ, каналовъ, дорогъ, возведенія насыпей, плотинъ и проч., для коихъ важно знать измѣненія рельефа мѣстности, примѣняется топографическое нивелированіе.

Устройство глаза и геодезическихъ инструментовъ таково, что можно визировать только по прямой линіи, но отнюдь не по кривой. Такъ напр., (черт. 288), если надобно черезъ точку А провести горизонтальную линію нивелирнымъ инструментомъ, то вмѣсто кривой ABDE проводить прямую AF, которая будетъ перпендикулярна къ радіусу АО и вслѣдствіе этого касательна къ кривой ABDE. Окружность ABDE называется настоящей горизонтальной линіей, а прямая AF — наблюденной.

Такъ какъ нивелирнымъ инструментомъ проводятся не настоящія, а наблюденныя горизонтальныя линіи, то слѣдовательно и разность уровней точекъ опредѣляется съ нѣкоторой погрѣшностью, называемою *погрѣшностью, происходящею отъ сферическаго вида земли*. Величина ея можетъ быть опредѣлена такимъ образомъ: (черт. 288) отложимъ отъ точки А линію АВ произвольной длины, напр., 50 саж.,

черезъ точку В проведемъ діаметръ ВЕ и продолжимъ его до пересѣченія съ линіей АГ въ точкѣ G. На основаніи геометрической теоремы, что касательная есть средняя пропорціональная линія между всего сѣкущей и прилежащимъ къ ней отрѣзкомъ, можно составить пропорцію:

$$BG : AG = AG : (BG + 2r) \quad BG = x$$

$$\text{Отсюда } AG^2 = x \cdot (x + 2r) = x^2 + 2rx$$

Такъ какъ величина x^2 — очень незначительна, то ее безъ ущерба точности можно отбросить, получимъ: $AG^2 = 2rx$ слѣдоват., искомый

$$x = \frac{AG^2}{2r}.$$

Разница между линіей АГ и АВ настолько незначительна, что можно принять $AG = AB$, тогда въ выраженіи $x = \frac{AG^2}{2r}$ подставимъ АВ, по-

лучимъ: $x = \frac{AB^2}{2r}$; т. е., погрѣшность отъ сферическаго вида земли равняется квадрату разстоянія между нивелируемыми точками, дѣленому на двойной радіусъ земли.

Отсюда можно вывести, что погрѣшность x увеличивается пропорціонально квадрату разстояній между нивелируемыми точками; такъ напр., если разстояніе между А и В = 25 саж., то можно составить на основаніи предъидущаго такую пропорцію:

$$x : x = \frac{25^2}{2r} : \frac{50^2}{2r} \quad \text{или}$$

$$x : x = 25^2 : 50^2 = 1^2 : 2^2 = 1 : 4.$$

Зная, слѣдоват., погрѣшность x для одного какого либо разстоянія, легко опредѣлить ее при всякомъ другомъ разстояніи между точками.

Кромѣ погрѣшности отъ сферическаго вида земли, на точность работы нивелированія имѣетъ вліяніе еще *погрѣшность отъ рефракціи, т. е., отъ преломленія въ слояхъ воздуха лучей, исходящихъ отъ предмета.*

Изъ оптики извѣстно, что лучъ свѣта, проходя изъ одной среды въ другую, претерпѣваетъ нѣкоторое измѣненіе въ своемъ направленіи: такъ, если изъ среды болѣе рѣдкой переходитъ въ среду болѣе плотную, то лучъ приближается къ перпендикуляру паденія, если же наоборотъ: изъ болѣе плотной переходитъ въ болѣе рѣдкую среду, то удаляется отъ перпендикуляра паденія. Проходя черезъ нѣсколько слоевъ различной плотности, лучъ долженъ измѣнять свое направленіе въ каждомъ слое, въ зависимости отъ плотности послѣдняго. Точно такую слонстую среду представляетъ атмосфера: слои воздуха, вѣдствие собственнаго давленія, распредѣляются такимъ образомъ, что ближе къ поверхности земли они будутъ плотнѣе, а чѣмъ дальше отдалены отъ земли — тѣмъ рѣже.

Если лучъ свѣта (черт. 289) падаетъ изъ какой нибудь точки b на поверхность земли, то, переходя постепенно изъ среды болѣе рѣдкой въ среду болѣе плотную, онъ будетъ описывать нѣкоторую кривую $bcd a$ и, наблюдая предметъ b изъ точки a , мы увидимъ этотъ послѣдній не въ дѣйствительномъ его мѣстѣ b , а въ направленіи прямолинейномъ по послѣднему преломленію луча, въ точкѣ b' , касательно кривой $bcd a$: такъ какъ глазъ и инструментъ проводятъ только прямыя линіи. Вслѣдствіе рефракціи, при визированіи на точку, находящуюся выше, или ниже инструмента, наблюдаемая точка непремѣнно покажется намъ выше дѣйствительнаго ея положенія; погрѣшность отъ рефракціи зависитъ отъ величины угла bab' , называемаго угломъ рефракціи, а онъ, въ свою очередь, зависитъ отъ дуги $bcd a$ т. е., отъ степени преломляемости лучей.

Дуга $bcd a$ весьма незначительной выпуклости, радіусъ ея отъ 6-ти до 7,6 раза больше радіуса земли. Величина угла рефракціи колеблется: то онъ бываетъ $= 0^0$, то доходитъ до 0,1 угла при центрѣ земли Р. Разница въ величинѣ угла рефракціи зависитъ отъ термометрическаго и гигрометрическаго состоянія атмосферы. Замѣчено, что преломленіе лучей съ утра до обѣда уменьшается, а къ вечеру увеличивается; весной и осенью—уголъ рефракціи $= 0,08$, лѣтомъ $= 0,0075$, а зимою $= 0,09$ — $0,10$ угла Р. При опредѣленіи величины погрѣшности отъ рефракціи принимаютъ уголъ рефракціи $= 0,08$ Р. Пусть (черт. 290) на окружности земли взяты двѣ точки А и В; линія АГ наблюденная горизонтальная; по предыдущему линія $GB = x$ есть погрѣшность отъ сферическаго вида земли.

Такъ какъ свѣтовые лучи, идущіе отъ точки В, преломляются въ слояхъ воздуха, то точка В будетъ видима по направленію послѣдняго преломленія луча, по направленію какой нибудь прямой АН, въ точкѣ Н. По чертежу—погрѣшность отъ сферическаго вида земли и рефракціи равняется $BH = x - HG$ (I). Принимая уголъ рефракціи GAN равнымъ 0,08 Р, а уголъ $GAB = 0,5$ Р (какъ уголъ, составленный касательно и хордой), а по незначительности величинъ угловъ GAN и GAB , что они относятся между собой, какъ соответствующія имъ линіи GN и GB можно составить пропорцію:

$$GN : GB = \angle GAN : \angle GAB$$

$$\text{но } GAN : GAB = 0,08 : 0,5$$

$$\text{Слѣдов., } GN : GB = 0,08 : 0,5, \text{ или } GN : x = 0,08 : 0,5.$$

$$\text{Отсюда } GN = x \cdot \frac{0,08}{0,5} = 0,16x.$$

Если послѣдній выводъ подставить въ выраженіе (I), получится:
 $BH = x - 0,16x = 0,84x$; а такъ какъ, по предъидущему: $x = \frac{AB^2}{2r}$,
 то слѣдоват., $BH = 0,84 \cdot \frac{AB^2}{2r} = 0,42 \cdot \frac{AB^2}{r}$.

Въ нивелированіи опредѣляются вертикальныя разстоянія точекъ отъ горизонтальной линіи, слѣдоват., инструментами, употребляемыми при нивелировкѣ, необходимо: 1) *проводитъ горизонтальныя линіи и плоскости (нивеллиры)* и 2) *измѣряетъ вертикальныя разстоянія точекъ (рейки)*.

Рейки.

Рейка служитъ для измѣренія вертикальныхъ разстояній точекъ отъ горизонтальной линіи. Простѣйшаго устройства рейка состоитъ изъ четырехграннаго бруска отъ 1-й до 2-хъ саж. длины: на поверхности его нанесены дѣленія футовъ и дюймовъ, или десятыхъ и сотыхъ долей сажени; счетъ дѣленіямъ идетъ снизу вверхъ (черт. 291).

На рейкѣ находится продолговатая дощечка, называемая *цѣлью рейки*; она передвигается по рейкѣ вверхъ и внизъ. Цѣль дѣлится продольной чертой пополамъ: одна половина окрашена бѣлою, другая черною краскою (черт. 292); посрединѣ цѣли сдѣланъ прямоугольный прорѣзъ *b*, сквозь который отсчитываютъ дѣленія на рейкѣ, указываемыя краемъ *cd* вырѣза. Сзади цѣли, перпендикулярно ея плоскости, прикрѣплены двѣ планки *a, a*, служащія для укрѣпленія цѣли на рейкѣ. Сбоку одной изъ планокъ есть винтъ *q* нажимательный, имъ цѣль прикрѣпляется къ рейкѣ.

Такъ какъ длина рейки въ двѣ сажени сопряжена съ неудобствомъ при переноскѣ, то, обыкновенно, ее устраиваютъ сложною, или выдвижною изъ двухъ или трехъ брусковъ (черт. 293); каждый брусокъ широмъ своимъ передвигается въ пазу другого. Когда величина одного бруска недостаточна, выдвигаютъ слѣдующій.

При нивелированіи устанавливаютъ рейку въ данной точкѣ и поднимаютъ и опускаютъ цѣль ея до тѣхъ поръ, пока нивелирующій не увидитъ, что проектируемая имъ горизонтальная линія совпадаетъ съ вырѣзомъ цѣли рейки. Тогда онъ даетъ знакъ рабочему закрѣпить цѣль и отсчитываетъ число дѣленій между нижнимъ концомъ рейки и вырѣзомъ на цѣли. Эта величина, отсчитанная на рейкѣ, называется показаніемъ высоты цѣли рейки.

Болѣе удобною рейкой считается *рейка Штампфера* (черт. 294). Она также бываетъ простая и сложная. Цѣль ея кругъ, раздѣленный на четыре равныя сектора, изъ которыхъ два окрашены въ черную краску, а другіе два—въ бѣлую.

Сзади цѣли устроена мѣдная муфта *b* (черт. 295) съ вырѣзомъ *a*, въ которомъ находится пластинка съ показателемъ, долженствующимъ совпадать съ горизонтальной чертой *de*, находящеюся на лицевой сторонѣ цѣли (черт. 294). На пластинкѣ начерчено 10 дѣлений, каждое равно десятой долѣ наименьшаго дѣленія на рейкѣ. Главное отличіе этой рейки отъ вышеописанной состоитъ въ томъ, что дѣленія располагаются на задней сторонѣ рейки, гдѣ и отсчитываются рабочимъ (сначала отсчитываютъ цѣлыя дѣленія, а затѣмъ уже число мелкихъ дѣлений на муфтѣ).

Рейка Штампфера имѣетъ преимущество предъ вышеописанной тѣмъ, что дѣленія на муфтѣ тотъ же ноніусъ, при помощи котораго отсчитываются очень мелкія части дѣлений.

Описанныя рейки, принадлежащія къ разряду реекъ съ цѣлью, имѣютъ тотъ недостатокъ, что показаніе высоты цѣли рейки отсчитывается не самимъ нивелирующимъ, а рабочимъ; работа идетъ крайне медленно: много времени идетъ на передвиганіе цѣли рейки на надлежащую высоту; необходимъ грамотный рабочій, на котораго можно было бы положиться, что онъ съ умысломъ не испортитъ работы.

Рейки со скалою. При нивелирахъ съ зрительными трубами употребляютъ рейки со скалою. Эти рейки имѣютъ то преимущество, что даютъ возможность отсчитывать ихъ показанія самому нивелирующему, чрезъ зрительную трубу; слѣдоват., работа выигрываетъ въ скорости и точности.

Рейка со скалою (черт. 296) состоитъ изъ четырехграннаго бруска, длиною въ 10 футовъ или 1 саж., шириною въ $3\frac{1}{2}$ —4 дюйма и толщиною въ $1\frac{1}{2}$ дюйма. Лицевая поверхность рейки дѣлится на футы и дюймы, или десятыя и сотыя доли сажени. По срединѣ поверхности съ дѣленіями проходитъ вертикальная линія *ab*, которая дѣлитъ ее пополамъ; на той и другой половинѣ, попеременно, нанесены дѣленія. На черт. 296-мъ величина *c*, $c = 0,010$ саж.; *d*, $d = 0,050$ саж.; *e*, $e = 0,100$ саж. и т. под. Съ одной стороны линія *ab*, нанесенныя дѣленія окрашены, черезъ одно, синею краскою, а по другую—красною: чтобы при работѣ отсчитыванія отчетливѣе казались эти дѣленія въ трубѣ. Около каждого десятка дѣлений стоитъ цифра (наоборотъ, такъ, чтобы въ трубу она видна была въ прямомъ видѣ.) При употребленіи этой рейки, она устанавливается вертикально на опредѣ-

ляемой точкѣ, для чего сзади рейки прикрѣплена рукоятка, а сбоку иногда прикрѣпляется нить съ отвѣсомъ.

Когда зрительная труба нивелира направлена на рейку, требуется, чтобы вертикальный волосокъ былъ параллеленъ краю *аб*, а горизонтальный — дѣленіямъ рейки.

Рейка со скалою, большей частью, состоитъ изъ двухъ брусковъ, скрѣпляющихся одинъ съ другимъ съ помощью скобъ и нажимательныхъ винтовъ.

Н и в е л л и р ы .

Нивелиромъ называется инструментъ, которымъ можно проектировать горизонтальныя линіи и плоскости. Устройство нивелировъ основывается на слѣдующихъ началахъ:

1) *Всякая линія, перпендикулярная къ отвѣсной, будетъ горизонтальная.*

2) *Жидкость, находящаяся въ кольчатой трубкѣ, т. е., въ сообщающихся сосудахъ, будетъ при всякомъ положеніи на одинаковой высотѣ въ обоихъ колѣнахъ и линія, проведенная касательно къ поверхности жидкости въ обоихъ трубкахъ, будетъ горизонтальна.*

3) *Поверхность стоячей жидкости представляетъ горизонтальную плоскость.*

На основаніи этихъ трехъ законовъ устроены три типа нивелировъ: 1) *нивеллиры съ отвѣсомъ*, 2) *нивеллиры съ кольчатой трубкою* и 3) *нивеллиры съ уровнемъ*.

Нивеллиры съ отвѣсомъ.

Изъ этого типа нивелировъ имѣютъ наибольшее употребленіе въ практикѣ 1) *ватерпасъ* и 2) *нивеллиръ съ треугольной доской*.

1) *Ватерпасъ* состоитъ изъ деревяннаго бруска АВ длиною до 2-хъ саж. (черт. 297); перпендикулярно къ нему прикрѣплена стойка CD до 4-хъ фут. длины. Сбоку стойки CD прикрѣплены двѣ подпорки Е и F. Вверху стойки С привѣшена нить съ отвѣсомъ. На стойкѣ CD нанесена вертикальная черта GH, продолжающаяся и на брускѣ АВ и служащая указаніемъ положенія отвѣса.

Отъ вѣрнаго ватерпаса требуется, чтобы въ то время, когда нить съ отвѣсомъ совпадаетъ съ чертой GH, нижняя плоскость бруска АВ была ему перпендикулярна, а слѣдоват., горизонтальна. Отсюда слѣдуетъ, что для полученія горизонтальной линіи, необходимо, чтобы черта GH была перпендикулярна нижней плоскости бруска ватерпаса АВ.

Нанесеніе черты ГН производится слѣдующимъ образомъ: вбиваютъ на небольшомъ разстояніи другъ отъ друга два кола L и M; ставятъ на нихъ ватерпасъ (черт. 297) и замѣчаютъ положеніе отвѣсной нити на брусѣ АВ чертой Т.

Переставляютъ затѣмъ ватерпасъ такъ, чтобы конецъ А занялъ мѣсто конца В, тогда отвѣсъ приметъ иное положеніе по бруску АВ, которое и отмѣчаютъ чертой К.

Разстояніе между Т и К дѣлятъ пополамъ и точку дѣленія Н соединяютъ линіей съ точкой прикрѣпленія нити съ отвѣсомъ Г; линія ГН будетъ перпендикулярна нижней плоскости бруска АВ.

Опредѣленіе разности уровня двухъ или нѣсколькихъ точекъ съ помощью ватерпаса производится слѣдующимъ образомъ: пусть (черт. 298) требуется опредѣлить разность уровня точекъ А и В. Ставятъ ватерпасъ однимъ концомъ къ точкѣ А, приводятъ нить съ отвѣсомъ въ совпаденіе съ чертой ГН (черт. 297), при концѣ его В ставятъ вертикально рейку Sb и отсчитываютъ по ней величину ab , указываемую горизонтальной линіей Aa . Переносятъ ватерпасъ однимъ концомъ къ точкѣ b , а противъ другого конца ставятъ вертикально рейку и отсчитываютъ показаніе cd , по горизонтальной bc . Далѣе нивелируемая линія направляется кверху; если показанія получались около передняго конца ватерпаса, то теперь онѣ получатся у задняго: будемъ имѣть по предъидущему вертикали: qd при точкѣ d , eg —при e , hi —при h ; кончается нивелировка въ точкѣ В.

Всѣ данныя записываются и изъ нихъ выводится величина = разности уровня точекъ А и В. Если изъ точки В провести горизонтальную линію ВК, а изъ точки А вертикальную АО, то разность уровня точекъ А и В выразится величиной АК. При нивелировкѣ проводилась не горизонтальная ВК, а нѣсколько другихъ горизонтальныхъ линій и опредѣлялась разность высотъ не точекъ А и В непосредственно, а нѣкоторыхъ другихъ точекъ; но, тѣмъ не менѣе, изъ полученныхъ результатовъ легко получить искомую разность такимъ путемъ: по чертежу $AK = AO - OK$; подставляя вмѣсто АО и ОК равныя имъ выраженія, получимъ:

$$AK = (Ap + pO) - (On + nm + mk) \\ \text{или } AK = (ab + cd) - (qd + ge + hi)$$

Формулируя послѣднее выраженіе, имѣемъ: разность уровня двухъ точекъ равняется суммѣ показаній высотъ реекъ, отсчитанныхъ около передняго конца ватерпаса, безъ суммы показаній реекъ, отсчитанныхъ около задняго конца, или наоборотъ, смотря по тому, какая сумма больше.

Вслѣдствіе частой установки, ватерпасъ требуетъ для нивелировки имъ очень много времени, причѣмъ ошибка въ опредѣленіи разности

уровня точекъ весьма значительна, по слѣдующей причинѣ: отвѣсъ ватерпаса даже при самой тихой погодѣ отклоняется на $\frac{1}{1000}$ своей длины, и это отклоненіе происходитъ при каждой установкѣ ватерпаса; если же сюда прибавить еще погрѣшность отъ не выполненія точной установки на точкахъ, неточное отсчитываніе по рейкѣ, и, наконецъ, колебанія отвѣса при вѣтрѣ, то нужно допустить, что точность работы ватерпасомъ не превышаетъ $\frac{1}{500}$.

Вслѣдствіе этой неточности ватерпасъ примѣняется въ тѣхъ только случаяхъ, когда требуется проинвеллировать линію небольшой длины, гдѣ не требуется особенной точности и, наконецъ, когда нѣтъ другого болѣе точнаго инструмента.

Вообще же ватерпасъ имѣетъ большое примѣненіе при архитектурныхъ работахъ.

Нивеллиръ съ треугольной доской.

Онъ состоитъ изъ треугольной доски А, около $1\frac{1}{2}$ фута въ основаніи DE и высотѣ BC (черт. 299). Перпендикулярно ребру DE, посрединѣ треугольника, проводится линія BC, на которой сдѣланы два сквозныхъ круглыхъ отверстія *m* и *n*.

Вырѣзомъ *m* доска надѣвается на призму К, соединяющуюся съ коломъ F или съ штативомъ инструмента трубкою *p*.

Въ вырѣзѣ *n* помѣщается металлическій шаръ, который служитъ для измѣненія центра тяжести нивеллира; винтами G и H этотъ шаръ удерживается въ вырѣзѣ *n* и, вмѣстѣ съ тѣмъ, ими можно перемѣщать шаръ въ обѣ стороны, а слѣдовательно, и весь инструментъ будетъ измѣнять свое положеніе на призмѣ К. По ребру DE придѣланы два діоптра D и E, служащіе для визирования.

Отъ вѣрнаго нивеллира съ треугольной доской требуется: чтобы въ то время, когда инструментъ повѣшенъ на колъ, линія визирования черезъ глазной и предметный діоптры была горизонтальна. Для повѣрки этого условія, берутъ на мѣстности двѣ точки А и В (черт. 300) на 15 или 20 саж. разстоянія; въ точкѣ А ставятъ колъ съ инструментомъ, а въ точкѣ В — рейку; направляютъ діоптры на рейку и передвигаютъ по ней цѣль до высоты линіи визирования. Записываютъ показаніе высоты цѣли рейки и высоту инструмента.

Затѣмъ переставляютъ инструментъ въ точку В, а рейку въ точку А и также замѣчаютъ показаніе высоты цѣли рейки въ точкѣ А и высоту инструмента въ точкѣ В.

По найденнымъ высотамъ цѣли реекъ и высотамъ инструмента опредѣляютъ погрѣшность, если она существуетъ.

Такъ наприм.: пусть нивелиръ невѣренъ и линія визированія встрѣчаетъ рейку въ точкѣ m , слѣдовательно, при горизонтальной Ch . вмѣсто дѣйствительной высоты цѣли рейки Bh , отсчитываютъ величину Bm . При перемѣщеніи инструмента въ точку B , вмѣсто дѣйствительной высоты цѣли рейки Ah' , отсчитываютъ Am' . Назовемъ показанія высотъ цѣли реекъ въ точкахъ A и B — Bm буквой h , а Am' — h' ; высоты инструмента въ точкахъ A и B черезъ i и i' , погрѣшности — mh и $m'h'$ черезъ x и x' (онѣ равны); проведемъ горизонтальныя линіи Ap и KB .

По чертежу видимъ, что: $AK = Kh' - Am' - m'h'$;

$PB = Bm + mh - ph$; но

$Kh' = BD = i'$ и $ph = AC = i$ (какъ

параллельныя между параллельными); слѣдоват., $AK = i' - h' - x$

$PB = h + x - i$

Такъ какъ $AK = PB$. то имѣемъ: $i' - h' - x = h + x - i$

Переносъ неизв. члены въ одну, а известные — въ другую часть уравненія получимъ: $i' - h' - h + i = x + x$, или

$$2x = i' + i - h' - h$$

$$2x = (i' + i) - (h' + h)$$

$$\text{Отсюда } x = \frac{(i' + i) - (h' + h)}{2}.$$

т. е., погрѣшность отъ негоризонтальности линіи визированія равняется полусуммѣ высотъ инструмента безъ полусуммы высотъ цѣли реекъ.

Если $x = 0$, это покажетъ, что линія визированія горизонтальна,

т. е., инструментъ вѣренъ; если полусумма высотъ инструмента $\frac{i' + i}{2}$

больше полусуммы высотъ цѣли реекъ $\frac{h' + h}{2}$, то линія визированія

отклоняется внизъ отъ горизонтальной линіи; если же наоборотъ $\frac{i' + i}{2}$

меньше $\frac{h' + h}{2}$, то это покажетъ, что линія визированія пошла вверхъ

отъ горизонтальной. Для исправленія найденной погрѣшности, не снимая инструмента съ точки B , передвигаютъ цѣль рейки до точки h' ; т. е., на величину погрѣшности, и перемѣщаютъ шарикъ нивелира настолько, чтобы горизонтальный волосокъ совпалъ съ дѣленіемъ h' . Работа этимъ нивелиромъ производится скорѣе чѣмъ ватерпасомъ, такъ какъ при немъ можно брать большія разстоянія между точками. Точность же работы почти одинакова съ точностью ватерпаса, поэтому онъ можетъ быть употребляемъ за неимѣніемъ болѣе совершенныхъ инструментовъ.

2) Нивеллирь съ колѣнчатой трубкой.

Сюда относится простѣйшій нивеллирный инструментъ *водяной уровень*. Онъ состоитъ изъ мѣдной цилиндрической трубки (черт. 301), отъ 2-хъ до 3-хъ футовъ длиною, загнутой съ обоихъ концовъ подъ прямыми углами. Въ оба конца вставляются цилиндры изъ чистаго стекла равныхъ діаметровъ.

Снизу придѣлана цилиндрическая втулка Q, которою инструментъ надѣвается на треножникъ; винтъ *a* закрѣпляетъ нивеллирь на штативѣ.

Передъ употребленіемъ инструмента наливаютъ въ трубку подкрашенной воды столько, чтобы она въ обѣихъ трубкахъ A и B занимала мѣсто до половины. Когда вода придетъ въ спокойное состояніе (станетъ на одной высотѣ въ обѣихъ трубкахъ), то линія визированія CD, проходящая касательно поверхностямъ жидкости въ этихъ трубкахъ, представитъ горизонтальную линію.

При переноскѣ инструмента обѣ трубки закрываютъ пробками E и E.

Болѣе совершенный нивеллирь этого типа устраивается слѣдующимъ образомъ: 2 стеклянныя трубки соединены другъ съ другомъ гуттаперчевой трубкой произвольной длины. Трубки имѣютъ діаметръ 1—1½ д. высотой 1—3 фута; заключены онѣ въ мѣдную оправу снизу заканчиваются или плоскостями или остріями. На мѣдной оправѣ трубокъ сдѣланы вертикальныя прорѣзы, сквозь которые наблюдается высота жидкости, опредѣляемая по шкалѣ, нанесенной на трубкахъ или на оправѣ. При опредѣленіи разности уровня точекъ, или иначе—превышенія одной точки надъ другой: ставятъ нивеллирь одной трубкой въ одной точкѣ, другою — въ другой; разность высотъ жидкости въ обѣихъ трубкахъ даетъ искомое вертикальное разстояніе точекъ.

При линіяхъ значительной длины инструментъ приходится переставлять нѣсколько разъ; причемъ, если на линіи встрѣчаются противоположные уклоны, то высоты жидкости въ передней трубкѣ будутъ то больше то меньше таковыхъ въ задней; въ этомъ случаѣ принято всегда, вычитать изъ высоты жидкости въ задней высоту въ передней трубкѣ; алгебраическая сумма разностей уровня, полученныхъ при послѣдовательной перестановкѣ инструмента, выразитъ разность уровня точекъ.

Нужно замѣтить, что линія CD только тогда будетъ горизонтальна, когда обѣ трубки A и B не слишкомъ малаго діамтра и притомъ одинаковаго: если діаметръ будетъ небольшой, то вслѣдствіе капиллярности, вода около стѣнокъ будетъ выше, чѣмъ въ срединѣ и тѣмъ выше, чѣмъ меньше діаметръ. Неравенство діаметровъ, если они болѣе 0,8 дюйма, не вліяетъ на горизонтальность линіи CD.

Нивеллирь съ колѣнчатой трубкой имѣеть важныя неудобства: 1) вода въ немъ очень скоро испаряется, 2) представляетъ большое затрудненіе при переноскѣ и 3) трудно безошибочно визировать на точки, отстоящія далѣе 7-ми или 8-ми сажень отъ инструмента. Даже при этомъ разстояніи высота цѣли рейки опредѣляется съ точностью только до 0,4 дюйма.

Считаютъ, что, принимая во вниманіе еще погрѣшность, происходящую при установкѣ рейки и цѣли на ней, точность инструмента при нивелированіи изъ одной точки составляетъ $\frac{1}{1000}$, а изъ нѣсколькихъ точекъ стоянія, когда часть погрѣшностей взаимно уничтожается— $\frac{1}{1200}$ разстоянія.

На основаніи всего сказаннаго, этотъ нивеллирь употребляется тогда, когда отъ работы не требуется скорости и особенной точности.

3) Нивеллиры съ уровнемъ.

Къ этой группѣ относится большое число инструментовъ; всѣ они, не смотря на разнообразіе устройства, сохраняютъ свой типъ, гдѣ необходимой принадлежностью является уровеньъ.

Сюда относятся: 1) *нивеллиры съ діоптрами* и 2) *нивеллиры съ зрительными трубами*.

1) Нивеллирь съ діоптрами.

Онъ состоитъ изъ мѣдной линейки АВ, (черт. 302) длиною отъ 12-ти до 16-ти дюймовъ, съ двумя діоптрами по концамъ.

Въ каждомъ діоптрѣ находится четырехугольный вырѣзъ съ натянутымъ въ немъ горизонтальнымъ волоскомъ, на продолженіи котораго, сбоку, дѣлается небольшое круглое глазное отверстіе; вслѣдствіе такого устройства каждый діоптръ можетъ служить предметнымъ и глазнымъ.

Къ линейкѣ АВ прикрѣпляется уровень С, одинъ конецъ его *d*, находится между двумя пластинками и можетъ вращаться на шарнирѣ, другой конецъ *e* можетъ быть поднимаемъ и опускаемъ при помощи винта *e*. Для уничтоженія скачковаго хода винта *e*, между уровнемъ и линейкой АВ проложена стальная пружина *t*.

Къ линейкѣ АВ прикрѣплена снизу другая линейка FG, меньше первой; одинъ конецъ ея F можетъ вращаться на шарнирѣ, къ другому же концу G придѣланъ микрометрической винтъ J, посредствомъ котораго измѣняется положеніе линейки АВ.

Для уничтоженія мертвого хода винта J, между линейками АВ и FG проложена стальная пружина z.

Снизу линейки FG приделана цилиндрическая втулка m, которою инструментъ надѣвается на стержень p и закрѣпляется на немъ винтомъ S. Стержень p оканчивается яблокомъ K, помѣщаемымъ въ соответствующемъ гнѣздѣ штатива.

Въ яблоко K упираются четыре подъемныхъ винта x, x , служащія для приведенія оси вращенія инструмента въ отвѣсное положеніе. Отъ хорошо устроеннаго нивелира съ діоптрами требуется: 1) *чтобы ось уровня была параллельна линіи визированія* и 2) — *объ линіи визированія находились въ одной горизонтальной плоскости*.

1) Прежде повѣряется: *параллельна-ли одна изъ линій визированія оси уровня*. Эта повѣрка производится совершенно такимъ же образомъ, какъ то мы видѣли при повѣркѣ нивелира съ отвѣсомъ: т. е., на болѣе или менѣе равномъ мѣстѣ, выбираютъ двѣ точки А и В, (черт. 300) саженьхъ въ 30-ти разстоянія другъ отъ друга; устанавливаютъ въ точкѣ А инструментъ, а въ точкѣ В рейку, приводятъ ось уровня въ горизонтальное положеніе и, направивъ діоптры на рейку, опредѣляютъ показаніе цѣли рейки, а также измѣряютъ высоту инструмента въ точкѣ А. Далѣе, переносятъ инструментъ въ точку В, а рейку въ А и, приведя ось уровня въ горизонтальное положеніе микрометрическимъ винтомъ, опредѣляютъ показаніе высоты цѣли рейки въ точкѣ А и высоту инструмента въ точкѣ В.

Если высоты инструмента обозначимъ чрезъ i и i' , показанія высоты цѣли реекъ черезъ h и h' , то погрѣшность x будетъ равна, по предыдущему $\frac{i+i'}{2} - \frac{h+h'}{2}$. Если $x =$ нулю, это значить, что линія визированія горизонтальна и параллельна оси уровня. Если x будетъ больше или меньше нуля на какую нибудь величину, то ошибку исправляютъ по предыдущему: не измѣняя положенія инструмента въ точкѣ В, передвигаютъ цѣль рейки на найденную величину погрѣшности; микрометрическимъ винтомъ J направляютъ линію визированія на цѣль рейки, этимъ приводятъ линію визированія въ горизонтальное положеніе. Далѣе — винтомъ e подводятъ средину пузырька уровня на средину трубки, тогда и ось уровня будетъ горизонтальна и, слѣдоват., параллельна линіи визированія.

Чтобы провѣрить: *параллельна-ли другая линія визированія оси уровня и, вмѣстѣ съ тѣмъ, находятся-ли объ линіи визированія въ одной горизонтальной плоскости*, для этого приводятъ провѣренную линію визированія въ горизонтальное положеніе и

совмѣщаютъ ее съ цѣлью рейки поставленной въ А (черт. 300); поворачиваютъ затѣмъ инструментъ на 180° и визируютъ на рейку; (если при поворачиваніи инструмента, середина пузырька уровня отклонилась въ сторону отъ середины трубки, то его посредствомъ винта J опять совмѣщаютъ съ серединой трубки); когда при этомъ и другая линія визирования совпадетъ съ цѣлью рейки, то, какъ занимающая положеніе прежней линіи визирования, она тоже горизонтальна и, слѣдовательно, параллельна оси уровня.

Въ противномъ случаѣ, когда линія визирования не совпадаетъ съ цѣлью рейки, то и ее, по предыдущему, приводятъ въ горизонтальное положеніе, положенія же оси уровня относительно линейки АВ не измѣняютъ, а замѣчаютъ то мѣсто пузырька въ трубкѣ, которое онъ занимаетъ при горизонтальности второй линіи визирования и въ случаѣ придется пользоваться этой линіей, то подъемными винтами x, x (черт. 302) приводятъ пузырекъ уровня на отмѣченную точку, тогда вторая линія визирования будетъ горизонтальна. Но во избѣжаніе ошибокъ, лучше не пользоваться второй линіей визирования.

При нивелированіи, особенно въ томъ случаѣ, когда изъ одной точки стоянія инструмента опредѣляютъ высоты цѣли реекъ въ нѣсколькихъ точкахъ, притомъ расположенныхъ не по одной линіи, необходимо, *чтобы линія визирования и ось уровня описывали при вращеніи инструмента около своей оси горизонтальную плоскость.* Для этого требуется, чтобы ось уровня была перпендикулярна къ оси вращенія, а ось вращенія была-бы отвѣсна. Ось уровня приводится въ положеніе перпендикулярное къ оси вращенія такъ: уровень устанавливается по направленію одной пары подъемныхъ винтовъ и дѣйствіемъ ихъ переводятъ средину пузырька на средину трубки; затѣмъ обращаютъ линейку съ уровнемъ на 180° и если при этомъ середина пузырька опять займетъ средину трубки, то ось уровня перпендикулярна оси вращенія инструмента. Если же при поворотѣ на 180° середина пузырька отойдетъ отъ середины трубки, тогда уголъ наклоненія оси уровня, или, иначе говоря, дуга, заключающаяся между серединой пузырька и серединой трубки, выразитъ величину двойной погрѣшности (удвоенный уголъ отклоненія оси уровня отъ линіи перпендикулярной къ оси вращенія).

Для исправленія погрѣшности, средину пузырька уровня переводятъ при помощи микрометрическаго винта J на средину дуги отклоненія. Чтобы не повторять при каждой установкѣ описанной повѣрки, къ линейкѣ АВ (черт. 302), прикрѣпляютъ особую пластинку i такъ, чтобы она приходилась противъ конца G линейки FG и отмѣчаютъ на ней чертою такое положеніе линейки FG относительно АВ, при которомъ

оси вращенія и уровня перпендикулярны. При каждой установкѣ инструмента, слѣдуетъ отмѣченную черту на пластинкѣ *i* совмѣщать съ концомъ линейки FG.

Ось вращенія приводится въ отвѣсное положеніе при помощи подъемныхъ винтовъ: ставятъ уровень по направленію одной пары подъемныхъ винтовъ и дѣйствіемъ ихъ переводятъ середину пузырька на средину трубки; затѣмъ даютъ уровню положеніе перпендикулярное первому, по направленію двухъ другихъ подъемныхъ винтовъ, или также приводятъ средину пузырька на средину трубки; подобное дѣйствіе повторяется до тѣхъ поръ, пока пузырекъ уровня при вращеніи нивелира около оси не будетъ сходить съ средины трубки.

2) Нивелиръ съ зрительной трубой.

Эти нивелиры бываютъ двухъ родовъ: 1) *когда зрительная труба закрѣплена на глухо при инструментѣ* и 2) *когда она снимается и перекладывается на подставкахъ.*

Второго рода инструменты гораздо удобнѣе въ работѣ и повѣрка ихъ легче; поэтому ограничимся разсмотрѣніемъ наиболѣе употребительнаго нивелира изъ второго рода (черт. 303).

Онъ состоитъ изъ зрительной трубы F, на поверхности которой имѣются два широкихъ кольца равнаго діаметра, составляющихъ одно цѣлое съ трубою; ими труба вкладывается въ гнѣзда подставокъ P и P'. Подставки P и P' утверждены на мѣдномъ брускѣ *m* такъ, что одна изъ нихъ P' укрѣплена на глухо, а другая P можетъ быть поднимается или опускаема микрометрическимъ винтомъ M.

По срединѣ бруска *m* иногда находится буссоль B, градусная надпись которой идетъ отъ 0° до 360°; діаметръ, соединяющій дѣленія 0° и 180°, находится въ коллимаціонной плоскости трубы.

Снизу буссоли прикрѣплена цилиндрическая трубка z, ею нивелиръ надѣвается на стержень штатива, оканчивающійся тремя ножками D, D, D. Въ ножки D, D ввинчиваются подъемные винты *x, x*, служащіе для приведенія оси уровня въ горизонтальное положеніе.

Уровень или накладывается на трубу, или прикрѣпляется къ трубѣ (надъ или подъ нею) на черт. 303 A, или прикрѣпляется къ подставкамъ.

Устройство зрительной трубы см. „Кипрегель“.

Отъ нивелира требуется, чтобы при наведеніи оптической оси трубы на нивелируемая точки, оптическая ось трубы была горизонтальна. Такъ какъ приведеніе оптической оси въ

горизонтальное положеніе производится посредствомъ уровня, то поэтому *ось уровня должна быть параллельна оптической оси трубы.*

Въ описаніи устройства нивелира было сказано, что зрительная труба имѣетъ на поверхности своей два кольца, которыми она вкладывается въ обоймицы подставокъ; умственная линія, соединяющая центры обѣихъ колецъ, называется *геометрической осью трубы.*

Геометрическая ось трубы есть линія постоянная, между тѣмъ какъ оптическая ось трубы отъ передвиженія сѣтки можетъ измѣнять свое положеніе. Предъ употребленіемъ нивелира слѣдуетъ повѣрить: 1) *совпадаетъ ли оптическая ось съ геометрической* и 2) *параллельна ли оптическая ось трубы оси уровня.*

1) *Для изслѣдованія, совпадаетъ ли оптическая и геометрическая оси,* наводятъ трубу нивелира на какую нибудь горизонтальную линію, ясно видимаго предмета, (карнизъ дома, конекъ крыши и т. п.), такъ, чтобы горизонтальный волосокъ сѣтки покрылъ эту линію (при этомъ поднимаютъ, или опускаютъ трубу микрометрическимъ винтомъ). По наведеніи, не вынимая трубы изъ обоймицъ, поворачиваютъ ее въ обоймицахъ на полъ-оборота; если нить при этомъ будетъ покрывать ту-же горизонтальную линію, то горизонтальная нить находится на оси геометрической, если же волосокъ пройдетъ выше или ниже взятой линіи, то винтами, измѣняющими положеніе сѣтки въ трубѣ, перемѣщаютъ сѣтку вверхъ или внизъ на половину разстоянія между 1-мъ и 2-мъ положеніемъ волоска. Затѣмъ поворачиваютъ трубу на четверть оборота, т. е., ставятъ вертикальный волосокъ на мѣсто горизонтальнаго и повѣряютъ положеніе его по предыдущему. Повторяютъ повѣрку до тѣхъ поръ, пока пересѣченіе нитей при всякомъ поворотѣ трубы на ея геометрической оси не будетъ показывать одной и той же точки предмета. Это покажетъ, что оптическая ось трубы вполне совпадаетъ съ геометрической осью.

2) *Для повѣрки, параллельна ли геометрическая ось трубы оси уровня,* (уровень прикрѣпленъ къ трубѣ) приводятъ пузырекъ уровня на средину трубки посредствомъ микрометрическаго винта; затѣмъ осторожно вынимаютъ трубу изъ обоймицъ и кладутъ правый конецъ вмѣсто лѣваго; вмѣстѣ съ тѣмъ смотрятъ на уровень: занимаетъ ли пузырекъ уровня средину трубки; если занимаетъ, то оси параллельны; если же нѣтъ, то исправляютъ погрѣшность, переводя средину пузырька на средину дуги отклоненія вертикальнымъ винтомъ *d* уровня. Повторяютъ повѣрку нѣсколько разъ, такъ какъ трудно сразу привести ось уровня въ положеніе параллельное геометрической оси трубы.

Кромѣ этихъ повѣрокъ, еще изслѣдуется: 3) *находится ли ось уровня въ одной вертикальной плоскости съ геометрической осью трубы*, и 4) *горизонталенъ ли горизонтальный волосокъ сѣтки*.

3) Приводятъ пузырекъ уровня на средину трубки и, не вынимая трубы изъ обоймицъ, поворачиваютъ ее въ одну и другую сторону; если ось уровня и геометрическая не находятся въ одной плоскости, то, при поворачиваніи трубы въ обоймицахъ, пузырекъ будетъ уклоняться вправо или влево. Для исправленія этой погрѣшности, разстояніе по дугѣ уровня между прежнимъ и новымъ положеніемъ пузырька дѣлятъ пополамъ и на точку дѣленія переводятъ средину пузырька (боковыми винтами уровня). Эта повѣрка повторяется нѣсколько разъ.

4) Горизонтальная нить сѣтки должна быть горизонтальна. Хотя при нивелированіи важна точка пересѣченія нитей въ сѣткѣ, но для большаго удобства визирования (такъ какъ линіи дѣленія на рейкахъ горизонтальны) не лишнее установить волосокъ горизонтально. Для этого направляютъ оптическую ось трубы на какую нибудь точку и поворачиваютъ трубу на оси вращенія вправо и влево; если нить, при движеніи, будетъ проходить по взятой точкѣ, то условіе выполнено; если же нѣтъ, то нужно измѣнить положеніе трубы въ обоймицахъ. Чтобы не производить каждый разъ такой повѣрки, положеніе трубы въ обоймицахъ, при которомъ нить горизонтальна, отмѣчается двумя чертами, проведенными на внѣшней поверхности трубы и обоймицъ.

5) *Уровень не долженъ быть слишкомъ чувствителенъ* (иначе много времени потратится на установку). Это условіе повѣряется такимъ образомъ: приводятъ пузырекъ уровня на средину трубки, направляютъ трубу на какое нибудь дѣленіе рейки; микрометрическимъ винтомъ наклоняютъ или поднимаютъ оптическую ось трубы и снова приводятъ линію визирования въ совмѣщеніе съ отмѣченнымъ дѣленіемъ на рейкѣ; если пузырекъ уровня опять займетъ средину трубки, то условіе выполнено; если же онъ отклонится, то его нужно замѣнить болѣе точнымъ. Малую погрѣшность, въ нѣсколько секундъ напр., можно не брать во вниманіе.

Противуположное качество, когда уровень мало чувствителенъ—также нежелательно.

Въ большинствѣ случаевъ при нивелированіи необходимо наводить трубу не на одну, а на многія точки, расположенныя не въ одной вертикальной плоскости. Для того, чтобы при поворотѣ на оси вращенія оптическая ось описывала плоскость горизонтальную, она должна быть перпендикулярна къ оси вращенія, а ось вращенія должна быть приведена въ отвѣсное положеніе.

6) Для проверки, перпендикулярна-ли оптическая ось къ оси вращения, наводятъ трубу нивелира на рейку, поставленную въ разстояніи 20—30 саж. и замѣчаютъ дѣленіе закрываемое пересѣченіемъ нитей; затѣмъ вынимаютъ трубу изъ обоймицъ, перекладываютъ ее противоположными концами и, поворотивъ на оси вращения на 180° , направляютъ опять на рейку. Если пересѣченіе волосковъ показываетъ на то же дѣленіе, то оси перпендикулярны; въ противномъ случаѣ, разстояніе между прежней и новой точкой дѣлятъ пополамъ и на точку дѣленія переводятъ точку пересѣченія нитей посредствомъ микрометрическаго винта. Если въ инструментѣ нѣтъ микрометрическаго винта, то его замѣняетъ винтъ, проходящій сквозь ножку обоймицы и упирающійся въ трубу.

Пусть (черт. 304) АВ инструментъ, *ab* оптическая ось зрительной трубы, CD колъ или рейка, линія MN перпендикулярна къ оси вращения АВ.

Предположимъ, что оптическая ось трубы не перпендикулярна къ оси вращения, и отклоняется отъ линіи MN на нѣкоторый уголъ x ; тогда при первомъ положеніи трубы пересѣченіе нитей укажетъ точку *m*, при второмъ — *n*.

Такъ какъ углы x и y , одинъ и тотъ же уголъ отклоненія оптической оси трубы отъ перпендикуляра къ оси вращения, то слѣдоват., линія MN должна дѣлить *mn* пополамъ.

Обыкновенно, перпендикулярное положеніе оптической оси трубы къ оси вращения отмѣчается чертой на подставкѣ микрометрическаго винта.

Въ томъ случаѣ, когда уровень прикрѣпленъ къ трубѣ, проверка упрощается: если ось уровня параллельна оптической оси трубы, то приводятъ ее въ положеніе перпендикулярное къ оси вращения слѣдующимъ путемъ: ставятъ уровень по направленію одной пары подъемныхъ винтовъ и ими приводятъ средину пузырька на средину трубки; затѣмъ поворачиваютъ трубу на оси вращения на 180° ; если и въ этомъ положеніи середина пузырька займетъ средину трубки уровня, то ось уровня перпендикулярна къ оси вращения а слѣдовательно, перпендикулярна и параллельная ей геометрическая и оптическая ось. Если же при второмъ положеніи середина пузырька отойдетъ отъ средины трубки, то дугу, заключенную между серединой трубки и серединой пузырька, дѣлятъ пополамъ и на точку дѣленія переводятъ средину пузырька посредствомъ микрометрическаго винта М (черт. 303).

Если уровень прикрѣпленъ къ подставкамъ обоймицъ, то отдѣльно приводятся: оптическая ось и ось уровня въ положеніе перпендикулярное къ оси вращения; какъ двѣ линіи, перпендикулярныя третьей, онѣ будутъ параллельны между собою.

Для приведенія оси вращенія въ отвѣсное положеніе, ставятъ уровень по направленію одной пары подъемныхъ винтовъ и ими приводятъ средину пузыря на средину трубки; затѣмъ ставятъ трубу по направленію третьяго подъемнаго и становаго (если винтовъ 3), или 2-хъ другихъ и снова приводятъ пузырекъ на средину трубки. Повторяютъ установку пузыря до тѣхъ поръ, пока, при всякомъ положеніи трубы, ось уровня будетъ горизонтальна.

Топографическое нивелированіе.

Оно состоитъ въ непосредственномъ опредѣленіи высотъ двухъ или нѣсколькихъ точекъ, взятыхъ на земной поверхности.

Если разность уровня точекъ не превышаетъ длины рейки, уменьшенной на высоту инструмента, и если нивелируемыя точки находятся на такомъ взаимномъ разстояніи, что достаточно, поставить инструментъ только одинъ разъ, то разность уровня точекъ опредѣляется *простымъ нивелированіемъ*.

Если же разность уровня точекъ превышаетъ длину рейки, или разстояніе между точками настолько значительно, что необходимо, для опредѣленія разности уровня двухъ точекъ, устанавливать инструментъ нѣсколько разъ, то нивелированіе называется *сложнымъ*, (оно состоитъ изъ соединенія нѣсколькихъ простыхъ нивелированій).

Въ каждомъ изъ этихъ видовъ нивелированія, нивелиръ можетъ быть установленъ: 1) въ одной нивелируемой точкѣ, а рейка въ другой; или 2) инструментъ устанавливается между нивелируемыми точками.

Въ первомъ случаѣ способъ нивелированія называется *нивелированіемъ изъ конца стоянія инструмента, или нивелированіемъ впередъ*; во второмъ—*нивелированіемъ изъ середины стоянія инструмента*.

Для техническихъ цѣлей производится, большею частью сложное нивелированіе.

Сложное нивелированіе различается: *продолжное, поперечное и нивелированіе пространствъ*.

Продолжнымъ называется, когда даны точки по направленію одной, или нѣсколькихъ линій, представляющихъ одну ломанную.

Если требуется пронивелировать узкую полосу мѣстности, то нивелированіе производится въ двухъ противоположныхъ, взаимно пересѣкающихся направленіяхъ: одно изъ нихъ идетъ по длинѣ полосы и называется *осью нивелированія*, другія же линіи пересѣкаютъ ось перпендикулярно.

Нивелирование, производимое по этимъ линиямъ, въ отличіе отъ продольнаго, идущаго по оси, называется *поперечнымъ нивелированиемъ*.

Наконецъ, если нивелирование производится по многимъ различнымъ направленіямъ, съ цѣлью составить чертежъ, по которому можно было-бы, руководствуясь взаимными высотами точекъ, получить понятіе о ситуациіи данной мѣстности, то оно называется *нивелированиемъ по-верхностей*.

Какой-бы нивелирный инструментъ не употреблялся, способы опредѣленія разностей уровня точекъ одинаковы.

І. Простое нивелирование.

а) Нивелирование изъ конца стоянія инструмента, или нивелирование впередъ. Пусть А и В (черт. 305) двѣ точки, разность уровня которыхъ требуется опредѣлить.

Въ одной изъ точекъ, наприм., А, ставятъ инструментъ такъ, чтобы окуляръ трубы С, направленной на рейку, стоящую въ точкѣ В, находился отвѣсно надъ точкой А.

Приводятъ ось вращенія трубы въ отвѣсное положеніе, и на правивъ трубу на рейку, устанавливаютъ средину пузырька на срединѣ трубки.

Послѣ этого отсчитываютъ показаніе горизонтальной нити на рейкѣ, т. е., высоту цѣли и измѣряютъ рейкой высоту инструмента АС. Назовемъ показаніе высоты цѣли рейки Bh буквою b , высоту инструмента АС— i , погрѣшность отъ сферическаго вида земли и рефракціи eh — f , то получимъ: разность уровня точекъ $= BD = Bh - De - eh$, или $BD = b - i - f$ (I) т. е., *разность уровня точекъ = высота цѣли рейки безъ высоты инструмента и погрѣшности, происходящей отъ сферическаго вида земли и рефракціи.*

Положимъ, что точка А ниже точки В (черт. 306), линія AD искомая разность уровня точекъ А и В $= AC - Ce$, или

$$AD = AC - (Bh - eh) = AC - Bh + eh;$$

замѣняя принятыми буквами, получимъ: $AD = i - b + f$.

Перемѣнимъ въ этомъ уравненіи знаки, получимъ: $-AD = b - i - f$ т. е., тоже, что и въ первомъ уравненіи.

Изъ сказаннаго выводится слѣдующее правило: при нивелированіи изъ конца стоянія инструмента, *разность уровня крайнихъ точекъ равняется высотъ цѣли рейки безъ высоты инструмента и*

погрѣшности, происходящей отъ сферическаго вида земли и рефракціи. При подобномъ вычисленіи можетъ получиться:

$$\text{разность уровня} = b - i - f = \text{нулю.}$$

$$\text{„ „} = b - i - f = + m$$

$$\text{„ „} = b - i - f = - m$$

Если разность уровня точекъ = нулю, то это означаетъ, что взяты точки одного уровня; $+ m$ покажетъ, что точка стоянія инструмента выше точки стоянія рейки, $- m$ покажетъ, что точка стоянія инструмента ниже точки стоянія рейки. Выводъ подобной общей формулы имѣетъ то преимущество, что знакъ передъ найденной разностью покажетъ взаимное положеніе точекъ.

II. Нивелированіе изъ середины стоянія инструмента.

Даны на мѣстности двѣ точки А и В (черт. 307), разность уровня которыхъ требуется опредѣлить. Для этого ставятъ инструментъ въ какой нибудь точкѣ С, близъ середины линіи АВ; оптическую ось трубы приводятъ въ горизонтальное положеніе и направляютъ ее на рейки, поставленныя въ точкахъ А и В, замѣчаютъ положеніе наблюденной горизонтальной линіи на рейкахъ въ точкахъ h и h' .

Для опредѣленія разности уровня точекъ вообразимъ горизонтальныя линіи СН и АД, проходящія чрезъ точки А и С.

Высоту цѣли рейки въ точкѣ В = Bh' назовемъ буквой b , погрѣшность отъ сферическаго вида земли и рефракціи = $h'e'$, буквой f и высоту инструмента Со — i .

Составимъ уравненіе: разность уровня точекъ В и С, линія ВН = $CO - Bh' + e'h'$, или $BH = i - b + f$ (I). Пусть показаніе высоты цѣли рейки въ точкѣ А = $Ah = b'$, погрѣшность отъ сферическаго вида земли и рефракціи = $eh = f'$; составимъ уравненіе: АГ (разность уровня точекъ А и С) = $Ah - CO - eh$, или

$$AG = b' - i - f' \text{ (II).}$$

Такъ какъ разность уровня точекъ А и В, или линія ВД = $DH + BH$; но $DH = AG$, слѣдов., $BD = AG + BH$; имѣемъ, что линія $AG = b' - i - f'$ (II) и линія $BH = i - b + f$ (I); сложивъ почленно уравненія I и II, получимъ: $AG + BH = b' - b - f' + f$, или $BD = (b' - b) - (f' - f)$ т. е., *разность уровня точекъ А и В = разности высотъ цѣли реекъ безъ разности погрѣшностей отъ сферическаго вида земли и рефракціи.*

При разстояніи $HC = GC$ (т. е., когда инструментъ стоитъ на срединѣ разстоянія между точками, величина $f = f'$, тогда выраженіе $f - f'$

= нулю; т. е., разность уровня точекъ будетъ равна разности высотъ цѣли реекъ въ точкахъ А и В, т. е., $= b' - b$.

Нужно замѣтить, что для устраненія изъ вычисленія величинъ f и f' , не необходимо математически точное равенство линий НС и ГС, а требуется только грубо приближительная установка инструмента посрединѣ линіи, соединяющей нивелируемыя точки.

Такъ какъ разстояніе между нивелируемыми точками обыкновенно небольшое (въ рѣдкихъ случаяхъ оно превышаетъ 50 саж.), слѣдоват., погрѣшность f и f' будетъ тоже весьма незначительная.

Пусть напр., разстояніе $AB=50$ саж., $AC=30$ саж., $BC=20$ саж.

Въ предъидущемъ имѣемъ, что погрѣшность отъ сферическаго вида земли и рефракціи $= 0,42 \frac{AB^2}{R}$. На основаніи этого мы имѣемъ право

написать: $f = \frac{30^2 \text{ саж.}}{2986500 \text{ саж.}} \cdot 0,42 = 0,000127 \text{ саж.} = 0,0106 \text{ дюйма.}$

$f = \frac{20^2}{2986500} \cdot 0,42 = 0,000056 \text{ саж.} = 0,0047 \text{ дюйма.}$

При этомъ положеніи $f - f' = 0,0106 \text{ дюйм.} - 0,0047 = 0,0059 \text{ дюйма}$ — величина настолько незначительная, что ея можно пренебречь, безъ ущерба точности работы.

Если предположимъ, что ведется нивелировка отъ точки А къ точкѣ В и что сзади точки А уже пронивелировано нѣсколько точекъ, далѣе-же за точкою В имѣется также нѣсколько точекъ, которыя требуется еще пронивелировать, то въ такомъ случаѣ точку А можно называть точкою, находящеюся сзади инструмента, или — заднею точкою, а точку В — переднею.

Принявши такое положеніе, показаніе высоты цѣли рейки въ точкѣ А называютъ взглядомъ назадъ, а въ точкѣ В — взглядомъ впередъ. Формула: *«разность уровня двухъ точекъ равна разности показаній высотъ цѣли реекъ»*, замѣняется выраженіемъ: *«разность уровня двухъ точекъ равна взгляду назадъ безъ взгляда впередъ или взгляду впередъ безъ взгляда назадъ»*.

Изъ рассмотрѣннаго выше — видно, что рѣшительно все равно: изъ взгляда назадъ вычитается взглядъ впередъ или — наоборотъ; но принято: изъ взгляда назадъ вычитать взглядъ впередъ; разность при этомъ можетъ равняться нулю, тогда точки одного уровня, разность положительная покажетъ, что точка сзади инструмента ниже точки впереди, отрицательная — наоборотъ.

При нивелированіи изъ середины стоянія инструмента, можно ставить инструментъ внѣ нивелируемой линіи: точность работы отъ этого

не пострадаетъ; лишь бы было соблюдено условіе горизонтальности оптической оси трубы, при вращеніи ея около оси.

Способомъ простаго нивелированія можно опредѣлить разность уровня не двухъ только точекъ, но и нѣсколькихъ другихъ, расположенныхъ на разстояніи яснаго зрѣнія отъ одной точки стоянія инструмента.

Пусть (черт. 308) требуется узнать разность уровня крайнихъ точекъ А и F, а также и промежуточныхъ В, С, Е и D.

Ставятъ инструментъ въ какой нибудь промежуточной точкѣ С, и, по вышеизложенному, опредѣляютъ показаніе цѣли реекъ въ точкахъ А, В, D, Е, Р.

Разность уровня точекъ А и Р = $Aa - Pf$; разность уровня точекъ В и Е = $Bb - Ee$, точекъ А и D = $Aa - Dd$ и т. д.

Разность уровня крайнихъ точекъ равняется суммѣ разностей уровня промежуточныхъ точекъ. Погрѣшность, происходящая отъ сферическаго вида земли и рефракціи, уничтожается срединнымъ положеніемъ инструмента.

Способъ нивелированія изъ средины стоянія инструмента представляетъ значительныя преимущества передъ способомъ нивелированія изъ конца: 1) если нивелирный инструментъ ставится въ равныхъ приблизительно разстояніяхъ отъ обѣихъ нивелируемыхъ точекъ, то нѣтъ необходимости вводить въ вычисленіе поправку отъ кривизны земли и рефракціи, 2) разстоянія между нивелируемыми точками, если нѣтъ мѣстныхъ препятствій или особыхъ условій, — могутъ быть гораздо болѣе: поэтому изъ одной станціи можно пронивелировать большее протяженіе и тѣмъ, при сложной нивелировкѣ, уменьшить число точекъ стоянія инструмента, 3) невѣрность инструмента оказываетъ мало вліянія на точность результатовъ: напр., если оптическая ось не параллельна оси уровня, то ошибки въ отсчетахъ на обѣихъ рейкахъ, при одинаковыхъ разстояніяхъ, будутъ взаимно уничтожаться.

Вслѣдствіе сказаннаго, способъ нивелированія изъ средины стоянія всегда предпочитается способу нивелированія впередъ.

Иногда, однако-же, мѣстныя условія заставляютъ употреблять способъ нивелированія изъ конца стоянія инструмента; это случается при нивелированіи крутыхъ покатостей.

Пусть требуется опредѣлить разность уровня точекъ А и В, В и С; наименьшее разстояніе, при которомъ можно ясно видѣть черезъ трубу дѣленія на рейкѣ, есть линія $MA = NB$ (черт. 309). Очевидно, что, поставивъ инструментъ въ точкѣ М или N, мы не имѣемъ возможности отсчитать на рейкѣ высоту горизонтальнаго луча зрѣнія, направленнаго въ первомъ случаѣ на рейку въ А, а во второмъ — на рейку въ В,

такъ какъ онъ проходитъ ниже основанія реекъ на величины— Al и Bt . Поэтому здѣсь требуется произвести нивелированіе изъ конца стоянія инструмента: поставить инструментъ въ точкѣ А, а рейку въ М, отсчитать показаніе; потомъ инструментъ ставятъ въ точкѣ М, а рейку въ точкѣ В и сдѣлать отсчетъ по рейкѣ и т. д. Слѣдовательно, вмѣсто простаго нивелированія, нужно произвести сложное.

Сложное нивелированіе.

1) *Продольное нивелированіе*. Оно можетъ быть производимо съ двоякой цѣлью: 1) для опредѣленія разности уровня точекъ, и 2) для составленія профиля данной мѣстности.

(Профилью называется линія сѣченія даннаго направленія вертикальной плоскостью). Способъ производства работы для той и другой цѣли — одинаковъ.

Прежде всего, приступая къ работѣ, опредѣляютъ на мѣстности положеніе нивелируемой линіи: выбираютъ на линіи точки на одинаковомъ разстояніи другъ отъ друга и, кромѣ таковыхъ, еще отмѣчаютъ точки главнѣйшихъ изгибовъ линіи въ вертикальномъ сѣченіи. Точки, взятые на одинаковомъ разстояніи, называются *главными*, по нимъ удобно судить о горизонтальныхъ разстояніяхъ; точки на изгибахъ рельефа называются *промежуточными*. Каждая точка обозначается на мѣстности двумя колышками, изъ которыхъ—одинъ (черт. 310) вбивается въ уровень съ землею d , другой же t нумеруется (въ порядки хода работы) и выступаетъ на нѣкоторую высоту надъ поверхностью земли. На колышекъ d ставятъ рейку А. Главныя точки обозначаются цифрами въ послѣдовательномъ порядкѣ: 0, 1, 2, 3, 4....., каждая же промежуточная точка означаетъ номеромъ предыдущей главной съ буквеннымъ показателемъ, напр., $4a$, $2a$, $4b$, $2b$ и т. д.

Продольное нивелированіе можетъ быть производимо изъ середины и изъ конца стоянія инструмента.

Нивелированіе изъ середины стоянія инструмента.

По обозначеніи нивелируемыхъ точекъ колышками, приступаютъ къ нивелировкѣ.

Положимъ, что требуется пронивелировать линію АЕ (черт. 311), нивелируемыя точки которой—А, В, С, D, Е, F.

Инструментъ устанавливаютъ между точками А и В и, по приведеніи оптической оси трубы въ горизонтальное положеніе, опредѣляютъ показаніе высоты цѣли реекъ въ этихъ точкахъ. Линію АВ измѣряютъ

и переносить инструментъ между точками В и С; опредѣляютъ показанія высотъ цѣли реекъ въ этихъ точкахъ и измѣряютъ линію ВС. Затѣмъ инструментъ послѣдовательно переносить между точекъ С и D, D и E, E и F и т. д.

Изъ чертежа видно, что сложное нивелированіе изъ середины стоянія инструмента состоитъ изъ нѣсколькихъ простыхъ нивелировокъ. Чтобы по этимъ нивелировкамъ, каждой изъ нихъ самостоятельной, опредѣлить разность уровня какихъ нибудь точекъ, напр., А и F—нужно взять *алгебраическую сумму разностей уровня всѣхъ промежуточныхъ точекъ* (т. е., А и В, В и С, С и D и т. д.).

Пусть АН, Вс, Dp, dE, eF—горизонтальныя линіи, Bb, CM, DT, ES, FH—отвѣсныя.

Опредѣлимъ, чему равна разность уровня точекъ А и F, или линія FH.

$$FH = ES - Ee = DT - Dd - Ee = CM - Cp - Dd - Ee = Bb + Cc - Cp - Dd - Ee \quad (I).$$

Чтобы опредѣлить разность уровня точекъ при простомъ нивелированіи, принято вычитать изъ взгляда назадъ—взглядъ впередъ.

По чертежу, разность уровня точекъ:

$$\begin{aligned} \text{А и В} &= Am - Bn = + Bb \\ \text{В и С} &= Bm' - Cn' = + Cc \\ \text{С и D} &= Cm_2 - Dn_2 = - Cp \\ \text{D и E} &= Dm_3 - En_3 = - Dd \\ \text{E и F} &= Em_4 - Fn_4 = - Ee \end{aligned}$$

Сложивъ всѣ разности уровня, получимъ: $(+ Bb) + (+ Cc) + (- Cp) + (- Dd) + (- Ee) = Bb + Cc - Cp - Dd - Ee$ (II).... т. е., тоже самое, что и въ уравненіи (I).

Итакъ, для опредѣленія разности уровня какихъ либо точекъ, нужно взять алгебраическую сумму разностей промежуточныхъ точекъ; такъ напр.: разность уровня точекъ А и D, или линія DT = $Bb + Cc - Cp$.

Если взгляды назадъ обозначимъ чрезъ буквы: m, m', m_2, m_3, m_4 , а взгляды впередъ чрезъ: n, n', n_2, n_3, n_4 (т. е., $Am = m$; $Bm' = m'$; $Cm_2 = m_2$; $Dm_3 = m_3$; $Em_4 = m_4$; и $Bn = n$, $Cn' = n'$, $Dn_2 = n_2$, $En_3 = n_3$, $Fn_4 = n_4$, то получимъ, что разность уровня точекъ:

$$\begin{aligned} \text{А и В или линія } Bb &= (m - n) \\ \text{В и С} \quad \quad \quad Cc &= (m' - n') \\ \text{С и D} \quad \quad \quad Cp &= (n_2 - m_2) \\ \text{D и E} \quad \quad \quad Dd &= (n_3 - m_3) \\ \text{E и F} \quad \quad \quad Ee &= (n_4 - m_4) \end{aligned}$$

Замѣтивши въ уравненіи — $FH = Bb + Cc - Cp - Dd - Ee$ разность уровней равными имъ выраженіями, получимъ:

$$\begin{aligned} FH &= (m - n) + (m' - n') - (m_2 - n_2) - (n_3 - m_3) - (n_4 - m_4) \\ &= m - n + m' - n' + m_2 - n_2 - n_3 + m_3 - n_4 + m_4 = \\ &= (m + m' + m_2 + m_3 + m_4) - (n + n' + n_2 + n_3 + n_4) \end{aligned}$$

т. е., *разность уровня какихъ нибудь точекъ, при сложномъ нивелированіи изъ середины стоянія инструмента = сумма взглядовъ назадъ безъ суммы взглядовъ впередъ.*

Если сумму взглядовъ назадъ обозначимъ буквою M , а сумму взглядовъ впередъ — черезъ N , то получимъ: разность уровня точекъ A и F или линія $FH = M - N$.

Если $M - N =$ положительной величинѣ, то слѣдовательно, точка A лежитъ ниже точки F ; при отрицательной — наоборотъ; а если $M - N =$ нулю, то точки одного уровня.

При нивелированіи изъ середины стоянія инструмента не требуется непремѣнно между каждымъ двумя послѣдовательными точками ставить инструментъ, но, напротивъ, для ускоренія работы, стараются изъ одной точки стоянія пронивеллировать возможно большее число точекъ, лишь бы рейки, на нихъ поставленныя, ясно были видны черезъ трубу.

Напр., требуется пронивеллировать точки A, B, C, D, E и F на линіи AF (черт. 312). Если позволяетъ топографическій видъ мѣстности, то, поставивъ инструментъ сначала въ точкѣ m , потомъ въ n , опредѣляютъ изъ нихъ показанія высоты цѣли рейки во всѣхъ точкахъ, видимыхъ ясно изъ точки стоянія инструмента. Въ этомъ случаѣ, чтобы узнать разность уровня точекъ A и F , нѣтъ надобности вводить въ вычисленіе высоты цѣли реекъ во всѣхъ точкахъ, а, какъ видно по чертежу, разность уровня точекъ A и $F = (Aa + Dd') - (Dd + Ff)$.

Сложное нивелированіе изъ конца стоянія инструмента.

Оно состоитъ изъ отдѣльныхъ простыхъ нивелировокъ изъ конца стоянія инструмента и производится слѣдующимъ образомъ: (черт. 313). Въ точкѣ A устанавливаютъ инструментъ, а въ точкѣ B рейку. Нивелиръ устанавливается такъ, чтобы центръ окуляра находился отвѣсно надъ точкой A на мѣстности; по приведеніи оптической оси трубы въ горизонтальное положеніе, направляютъ ее на рейку, стоящую въ точкѣ B и опредѣляютъ показаніе высоты цѣли рейки. Затѣмъ измѣряютъ рейкой высоту инструмента и переносятъ его въ точку B ; устанавливаютъ окуляръ отвѣсно надъ точкой B , приводятъ оптическую ось трубы въ горизонтальное положеніе и визируютъ на рейку, поставленную въ точку C и т. д.

По окончаніи нивелировки, можно опредѣлить разность уровня какихъ угодно нивелируемыхъ точекъ линіи АН и, вмѣстѣ съ тѣмъ, разность уровня точекъ А и Н. При разсмотрѣніи сложнаго нивелированія изъ середины стоянія инструмента было опредѣлено, что *разность уровня крайнихъ точекъ равна алгебраической суммѣ разностей уровня промежуточныхъ точекъ*; поэтому и разность уровня точекъ А и Н $= Bv + Cs - Ct - Du - Ef + Gx + Hl$ (I).

Обозначивъ высоты инструмента буквами: $i = Aa$, $i' = Bb$, $i^2 = Cc$, $i^3 = Dd$, $i^4 = Ee$, $i^5 = Ff$, $i^6 = Gg$, а показанія высотъ цѣли реекъ буквами: $h = Bm$, $h' = Cm$, $h^2 = Dm^2$, $h^3 = Em^3$, $h^4 = Fm^4$, $h^5 = Gm^5$, $h^6 = Hm^6$.

Такъ какъ	$Bv = Aa - Bm$,	то, замѣняя,	получимъ $= (i - h)$
"	" $Cs = Bb - Cm$	"	" $= (i' - h')$
"	" $Ct = Dm^2 - Cc$	"	" $= (h^2 - i^2)$
"	" $Du = Em^3 - Dd$	"	" $= (h^3 - i^3)$
"	" $Ef = Fm^4 - Ee$	"	" $= (h^4 - i^4)$
"	" $Gx = Ff - Gm^5$	"	" $= (i^5 - h^5)$
"	" $Hl = Gg - Hm^6$	"	" $= (i^6 - h^6)$

Изъ этого заключаемъ, что вмѣсто выраженія: $Bv + Cs - Ct - Du - Ef + Gx + Hl$ можно вывести слѣдующее ему равное: $(i - h) + (i' - h') - (h^2 - i^2) - (h^3 - i^3) - (h^4 - i^4) + (i^5 - h^5) + (i^6 - h^6) = i - h + i' - h' - h^2 + i^2 - h^3 + i^3 - h^4 + i^4 + i^5 - h^5 + i^6 - h^6 = (i + i' + i^2 + i^3 + i^4 + i^5 + i^6) - (h + h' + h^2 + h^3 + h^4 + h^5 + h^6)$ т. е., что *разность уровня крайнихъ точекъ равна суммѣ высотъ инструмента безъ суммы показаній высотъ цѣли реекъ*.

Это положеніе равносильно выведенному при нивелированіи изъ середины стоянія инструмента, съ тою разницей, что взгляды назадъ замѣняются высотами инструментовъ.

Разность уровня можетъ равняться нулю — тогда точки одного уровня, при положительной разности — точка назадъ ниже точки передней, при отрицательной — наоборотъ.

Составленіе профиля линіи нивелированія.

Профилемъ или разрѣзомъ мѣстности по какой нибудь линіи называется линія сѣченія мѣстности вертикальной плоскостью. Профиль составляется относительно одной общей горизонтальной линіи, проходящей черезъ низшую или черезъ высшую точку; или же горизонтальная линія проводится надъ или подъ мѣстностью на опредѣленномъ (принятомъ) разстояніи отъ какой нибудь точки, называемой *главной*.

Разстоянія данныхъ точекъ отъ этой общей горизонтальной линіи называются *отмѣтками точекъ*; отмѣтка главной точки называется *главной отмѣткой*.

Проводить горизонтальную линію нужно такъ, чтобы не существовало пересѣченія съ линіей профиля; если она проходитъ черезъ низшую или наивысшую точку, то эта точка будетъ главною и отмѣтка ея равна нулю.

По главной отмѣткѣ и разностямъ уровня отдѣльныхъ точекъ опредѣляютъ отмѣтки остальныхъ точекъ.

Положимъ (черт. 314), что отмѣтка точки А т. е., AA величина данная (принятое разстояніе, на которомъ проводится горизонтальная линія AE' отъ точки А) и требуется опредѣлить величину отмѣтокъ точекъ В, С, D и Е т. е., линіи BB' , CC' , DD' и EE' . Если назовемъ взглядъ назадъ въ точкѣ А буквой m , взглядъ впередъ въ точкѣ В — буквой n

взглядъ назадъ въ В — m' , взглядъ впередъ въ С — n'
 " " " С — m'' , " " " D — n''
 " " " D — m''' , " " " Е — n''' ,

будемъ имѣть, при горизонтальной $A'E'$, проведенной надъ линіей профиля, что BB' (или отмѣтка точки В) $= n + V'b$; но $V'b = aA' = AA' - m$; слѣдоват., $BB' = AA' - m + n = AA' - (m - n)$; т. е., *отмѣтка точки В (линія BB') равна отмѣткѣ точки А безъ взгляда назадъ, плюсъ взглядъ впередъ, или равна отмѣткѣ предыдущей точки безъ разности уровня точекъ.*

Отмѣтка точки С, или линія $CC' = BB' - (Bb' - Cc)$
 " " D, " " $DD' = CC' - (Cc' - Dd)$
 " " Е, " " $EE' = DD' - (Dd' - Ee).$

Положимъ, что горизонтальная линія $A''E''$ проведена подъ мѣстностью; рассмотримъ, какъ въ этомъ случаѣ опредѣляются отмѣтки точекъ (линія BB'' , CC'' , DD'' , EE''), принявши точку А за главную или начальную; AA'' будетъ главная отмѣтка.

По чертежу видно: BB'' (отмѣтка точки В) $= V''b - Vb$, но $V''b = A''A + Aa$; замѣнивъ $V''b$ въ первомъ уравненіи соответствующей ей величиной, получимъ: $BB'' = A''A + Aa - Vb$, или $V''B = A''A + m - n = A''A + (m - n)$.

Отмѣтка точки С — линія $CC'' = C''c - Cc$, но $C''c = V''b' = V''B + Vb'$, слѣдоват., $CC'' = V''B + Vb' - Cc$, или $CC'' = V''B + (m' - n')$.

Изъ сказаннаго можно вывести правило: при проведеніи горизонтальной линіи подѣ мѣстностью, отмѣтка каждой точки равняется отмѣткѣ предыдущей точки, сложенной съ разностью уровня точекъ — предыдущей и той, отмѣтка которой определяется.

Итакъ — отмѣтка точки D, или линія $DD' = CC' + (Cc' - Dd)$

„ „ „ E, „ „ $EE' = DD' + (Dd' - Ee)$

Примѣръ: замѣнимъ буквы цифрами — пусть отмѣтка точки A (линіи AA' и AA'') = 10 саж.; $m = 1,256$ саж., $m' = 1,144$ саж., $m'' = 0,912$ саж., $m''' = 0,210$ саж.; $n = 0,893$ саж., $n' = 0,631$ саж., $n'' = 0,542$ саж., $n''' = 1,364$ саж.

Горизонтальная линія проведена надъ мѣстностью:

Отмѣтка

точки

A, линія AA' = 10 саж.

B „ BB' = AA' - ($m - n$) = $10 - (1,256 - 0,893) = 9,637$ с.

C „ CC' = BB' - ($m' - n'$) = $9,637 - (1,144 - 0,631) = 9,124$ с.

D „ DD' = CC' - ($m'' - n''$) = $9,124 - (0,912 - 0,542) = 8,754$ с.

E „ EE' = DD' - ($m''' - n'''$) = $8,754 - (0,210 - 1,364) = 9,908$ с.

Горизонтальная линія проведена подѣ мѣстностью:

Отмѣтка

точки

A, линія AA'' = 10 саж.

B „ BB'' = 10 с. + ($m - n$) = $10 + (1,256 - 0,893) = 10,363$ с.

C „ CC'' = BB'' + ($m' - n'$) = $10,363 + (1,144 - 0,631) = 10,876$ с.

D „ DD'' = CC'' + ($m'' - n''$) = $10,876 + (0,912 - 0,542) = 11,246$ с.

E „ EE'' = DD'' + ($m''' - n'''$) = $11,246 + (0,210 - 1,364) = 10,092$ с.

Такимъ образомъ мы узнаемъ разстоянія всѣхъ точекъ отъ одной общей горизонтальной линіи или плоскости.

Для составленія профиля, кромѣ отмѣтокъ точекъ, необходимо имѣть еще величину горизонтальныхъ разстояній между ними.

Пусть горизонтальное разстояніе между точками вездѣ = 50 саж., а отмѣтки по вышеизложенному:

При горизонтальной сверху,

AA' = 10 саж.

BB' = 9,637 с.

CC' = 9,124 с.

DD' = 8,754 с.

EE' = 9,908 с.

При горизонтальной снизу

AA'' = 10 саж.

BB'' = 10,363 с.

CC'' = 10,876 с.

DD'' = 11,246 с.

EE'' = 10,092 с.

Составляется профиль по этимъ даннымъ слѣдующимъ образомъ: на бумагѣ проводятъ линію $A'N$, соответствующую горизонтальной плоскости, относительно которой опредѣлены отмѣтки. На этой линіи откладываютъ горизонтальныя разстоянія, изъ найденныхъ точекъ возставляютъ перпендикуляры и на нихъ откладываютъ отмѣтки, соответствующія этимъ точкамъ, т. е., линіи $A'A$, $B'B$, $C'C$, $D'D$ и $E'E$ (черт. 315).

Точки A , B , C , E и D соединяютъ ломанной линіей $ABCDE$, эта линія есть профиль мѣстности по линіи AE .

Тоже самое и на чертежѣ 316-мъ, только горизонтальная линія здѣсь проведена снизу профиля.

Горизонтальныя разстоянія и отмѣтки откладываются не въ одинаковомъ масштабѣ: отмѣтки откладываются въ масштабъ въ 10—20 разъ и т. д. больше, масштаба горизонтальныхъ разстояній (такъ напр., масштабъ горизонтальныхъ разстояній 100 саж. въ дюймѣ, отмѣтокъ 10 саж. въ дюймѣ). Вслѣдствіе такого положенія профиль не представляетъ въ дѣйствительности линію, подобную линіи сѣченія мѣстности, но за то неровности мѣстности обрисовываются значительно лучше, а вмѣстѣ съ тѣмъ, получается болѣе наглядное представленіе о видѣ нивелируемой линіи.

Пусть опредѣлены отмѣтки: 1-й точки $= 4,470$ саж., a -й $= 3,362$, 2-й $= 4,972$, a -й $= 4,961$, $b = 4,918$, 3-й $= 5,733$, a -й $= 5,483$, b -й $= 5,470$, 4-й $= 5,460$, a -й $= 5,445$, b -й $= 5,689$, 5-й $= 5,516$: горизонтальныя разстоянія главныхъ точекъ $= 60$ саж.; горизонтальныя разстоянія промежуточныхъ точекъ:

Отъ точки	1-й	до	a	$= 30$	саж.
"	"	a	"	2-й $= 30$	"
"	"	2-й	"	$a = 20$	"
"	"	a	"	$b = 20$	"
"	"	b	"	3-й $= 20$	" и т. д.

Чертежъ 317 представляетъ профиль, составленный по этимъ даннымъ, или линію AB ; CD и KN —горизонтальныя.

На линіи CD нумеруются разстоянія главныхъ точекъ, на KN —промежуточныхъ; изъ точекъ отложеній горизонтальныхъ разстояній возставляютъ перпендикуляры, равные величинѣ отмѣтокъ соответствующихъ точекъ; если горизонтальныя разстоянія откладываются въ 50-мъ масштабѣ, то отмѣтки откладываются въ 5-мъ (слѣдоват., онѣ получаются на бумагѣ съ точностью до 0,05 саж.). На перпендикулярахъ такимъ образомъ получаютъ точки, соответствующія точкамъ на мѣстности; соединяя эти точки, будемъ имѣть профиль данной линіи, линію AB . На перпендикулярахъ записываютъ отмѣтки. Выше было сказано, что горизонтальныя разстоянія между точками берутся одинаковыя, но въ случаѣ,

мѣстныя условія заставляютъ гдѣ либо измѣнить принятое разстояніе, то къ слѣдующему разстоянію между двумя точками прибавляютъ или отнимаютъ величину измѣненія, чтобы по числу главныхъ точекъ можно было съ перваго взгляда судить о длинѣ всей линіи, или ея части. Такъ напр., если принятое разстояніе = 60 саж., но точка 2-я выбрана на мѣстности такъ, что отъ 1-й до 2-й не 60 саж., а 45, то слѣдуетъ разстояніе между 2-й и 3-й увеличить на $60 - 45 = 15$ саж.

Подъ профилемъ, или надъ нимъ составляется планъ про nivelлированной линіи, на которой кромѣ румбическихъ и астролябическихъ угловъ и мѣры линій, еще обозначаются нивелируемыя точки соответствующими имъ на мѣстности цифрами и буквами, а также прилежающія къ линіи контуры, принятыми условными знаками.

Во время нивелировки ведется: *абрисъ* линій нивелированія, на которомъ отъ руки наносится положеніе точекъ и контуръ; и — *журналъ*, въ которомъ записываются данныя, полученныя во время работы и — вычисленіемъ.

Отъ журнала нивелированія требуется, чтобы онъ былъ, по возможности, простѣйшей формы и представлялъ бы всѣ удобства для скорѣйшаго нахожденія данныхъ для составленія профиля.

І-я форма.

Журналъ нивелированія линіи АВ, произведеннаго въ 1889-мъ году 15-го Іюня.						
I. №№ точекъ	II. Показанія высоты цѣпи реекъ.		III. Разность уровня.	IV. Отмѣтки.	V. Горизон- тальная разстоян.	VI. П Р И М Ъ Ч А Н І Я.
	Взгляды назадъ.	Взгляды впередъ.				
0—	0,714			10		Точка 0 находится на уровнѣ воды въ рѣч- кѣ „Быстрой“.
a	—	0,754	—0,040	10,040	10 саж.	
b	—	0,810	—0,056	10,096	12	
1—	—	0,732	+0,078	10,018	28	
1	0,632			10,018		Горизонтальная линія проведена надъ мѣст- ностью.
a	—	0,513	+0,119	9,899	12	
b	—	0,810	—0,297	10,196	13	
c	—	0,692	+0,118	10,078	15	
С	0,472			10,078		
2—	—	0,619	—0,147	10,225	15	

II-я форма.

Журналъ нивелированія линіи АВ, произведеннаго въ 1889-мъ году 15-го Іюня.					
I. Точки.	II. Показ. высоты цѣли реекъ.	III. Разность уровня то- чекъ.	IV. Отмѣтки.	V. Гориз.раз- стоянія.	VI. ПРИМѢЧАНІЯ.
0	0,694	+ 0,081	5		Точка 0 находится при основаніи зданія N.
a	0,613	+ 0,104	4,919	20 саж.	
b	0,509	— 0,204	4,815	15	
1—	0,713		5,019	15	
1—	0,616	+ 0,179	4,840	10	Точка 1a—уровень воды въ колодцѣ x.
a	0,437	— 0,188	5,028	15	
b	0,625	— 0,105	5,133	25	
c	0,730	и т. д.			

Въ 1-й графѣ приведенныхъ журналовъ пишутся знаки нивелируемыхъ точекъ: цифры главныхъ точекъ пишутся немного впереди цифръ промежуточныхъ точекъ. Всѣ нивелируемыя точки одной дистанціи (опредѣленныя изъ одной точки стоянія инструмента) отдѣляются горизонтальной чертой; хорошо, если главные точки будутъ крайними каждой дистанціи, какъ это и вышло при 1-й точкѣ стоянія инструмента. Но большею частью, въ особенности на мѣстахъ неровныхъ, нельзя вездѣ соблюсти это правило. Во 2-й графѣ записываютъ показанія высотъ цѣли реекъ въ нивелируемыхъ точкахъ. Въ I-й формѣ журнала графа показаній высотъ цѣли реекъ еще раздѣляется на 2 графы: въ одной изъ нихъ записываются взгляды назадъ, въ другой — взгляды впередъ. Въ 3-й графѣ пишутся разности уровня между каждыми двумя послѣдовательными точками; вслѣдствіе этого — взглядъ въ точкѣ *a* есть взглядъ назадъ относительно взгляда въ точкѣ *b*, взглядъ въ точкѣ *b* — есть взглядъ назадъ относительно взгляда въ точкѣ *c*; слѣдов., эти точки ничѣмъ не отличаются отъ точки 0, взглядъ которой въ I-й формѣ журнала пишется въ отдѣльной графѣ.

По этому нѣтъ надобности отводить отдѣльную графу для взглядовъ назадъ, и всѣ показанія высотъ цѣли реекъ можно записывать въ одной графѣ (II-я форма журнала), тогда и самая форма журнала упрощается безъ ущерба дѣлу.

Взглядъ назадъ, получаемый изъ новой дистанціи въ опредѣленной уже разъ, послѣдней точкѣ предыдущей дистанціи, записывается въ журналъ раньше прочихъ опредѣленныхъ взглядовъ. Разность уровня точекъ опредѣляется вычитаніемъ изъ взгляда точки предшествующей взгляда точки послѣдующей.

Форма журнала нивелированія изъ конца стоянія инструмента.

Журналъ нивелированія отъ точки А до точки В, произведеннаго
1889 года 15-го іюня.

I. Точки стоянія.		II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
Инструмента.	Рейки.	наблюденная высота рейки и высота инструм.	Погрѣшность отъ сферическаго вида земли и рефракціи	Истинная высота цѣли рейки.	Разность уровня точекъ.	Отмѣтки.	Горизонтальныя разстоянія.	Примѣчанія.
О	—	0,602			+0,1702	5 саж.		Точка О взята при пересѣченіи дорогъ, ведущихъ въ городъ N и село X.
	a	0,432	0,0002	0,4318с.	—0,0738	4,8298	15 саж.	
	b	0,506	0,0004	0,5056	+0,1061	4,9036	12 саж.	
	c	0,400	0,0005	0,3995		4,7975	13	
с	—	0,560			—0,2418		10	
	1	0,802	0,0002	0,8018	+0,0092	5,0393	17	
	a	0,793	0,0004	0,7926	+0,1532	5,0301	20	
	b	0,630	0,0006	0,6294		4,8769		
	и	т. д.						

Такъ какъ при нивелированіи изъ конца стоянія инструмента для опредѣленія разности уровня точекъ, изъ высоты инструмента вычитаютъ высоту цѣли рейки, уменьшенную на погрѣшность отъ сферическаго вида земли и рефракціи, то поэтому въ журналѣ должна быть графа, въ которой записывалась бы эта погрѣшность (III) и еще графа для записыванія показаній высоты цѣли реекъ, исправленныхъ отъ погрѣшности (IV).

Обыкновенно, если разстояніе отъ инструмента до нивелируемыхъ точекъ не превышаетъ 50 сажень, погрѣшность отъ сферическаго вида земли и рефракціи по незначительности своей не вводится въ вычисленіе (въ приведенномъ журналѣ, при разстояніи $15 + 12 + 13 = 40$ саж. погрѣшность отъ сферическаго вида земли и рефракціи $= 0,047$ дюйма $= 0,0005$ саж.) тогда графы III и IV въ журналѣ излишни.

По окончаніи вычисленій необходимо провѣрить полученныя величины разностей уровня точекъ и отмѣтокъ и тѣмъ предупредить случайно вкравшіяся ошибки вычисленія. При повѣркѣ пользуются формулой „разность уровня крайнихъ точекъ = алгебраической суммѣ разностей уровня всѣхъ промежуточныхъ точекъ“, или равна „суммѣ взглядовъ назадъ безъ суммы взглядовъ впередъ“. Поэтому то, (II форма журнала нивелир. изъ сред. стоянія инструмента) повѣряя вычисленіе отъ точки О до с, имѣемъ: алгебраическая сумма разностей уровня точекъ отъ О до с =

$$(+0,081) + (+0,104) + (-0,204) + (+0,179) + (-0,188) + (-0,105) = 0,133 \text{ саж.}$$

Сумма взглядов назадъ (точки 0 и 1) $= 0,694 + 0,616 = 1,310$.

Сумма взглядовъ впередъ (точки 1 и с) $= 0,713 + 0,730 = 1,443$.

Разность уровня точекъ 0 и с $= 1,443 - 1,310 = 0,133$.

Величины отѣтокъ повѣряются такимъ образомъ: такъ какъ разность отѣтокъ двухъ точекъ должна быть равна разности уровня этихъ точекъ, то, если возьмемъ точки 0-го и 1-го, разность ихъ отѣтокъ $= 5 \text{ саж.} - 5,019 = -0,019 \text{ саж.}$, и разность уровня этихъ точекъ $= 0,694 - 0,713 = -0,019 \text{ саж.}$ —результаты тождественны, слѣдов., вычисленія сдѣланы вѣрно.

Поперечное нивелированіе.

При составленіи проектовъ при проведеніи дорогъ, каналовъ, насыпей и т. п., требуется знать рельефъ мѣстности не только по направленію одной нивелируемой линіи, но и по направленіямъ къ ней перпендикулярнымъ; въ этомъ случаѣ, для опредѣленія высоты точекъ, кромѣ продольной нивелировки, дѣлается еще поперечная. Напр., для составленія проекта дороги производятъ нивелировку по направленію ея длины и сверхъ того, по направленіямъ перпендикулярнымъ къ общему ея протяженію; при проведеніи канала, нивелировку производятъ по выбранному протяженію и по направленіямъ соответственно расположенію высотъ, лежащихъ по сторонамъ этого протяженія.

Поперечное нивелированіе производится одновременно съ продольнымъ. Пусть (черт. 318) линія ABCD означаетъ направленіе продольной нивелировки, точки А, В, С, D—вышнія или низшія мѣста, на которыхъ предполагается ставить рейки. Черезъ эти точки провѣшиваютъ линіи $a'b'$, $c'd'$, $e'f'$, $g'm'$ и т. д., перпендикулярно къ АВ, ВС и CD и означаютъ на нихъ колышками точки a , a' , b , b' , c , c' при которыхъ мѣстность представляетъ какія либо измѣненія въ рельефѣ.

Нивелиръ устанавливаютъ въ точкѣ М, а рейки въ точкахъ А и В и, по приведеніи оптической оси трубы въ горизонтальное положеніе, наводятъ трубу сначала на рейки въ точкахъ А и В, а потомъ по линіи поперечной нивелировки, въ мѣста, отмѣченныя колышками a , a' , b , b' , дѣлая при каждой установкѣ рейки визированія и отсчитыванія. По окончаніи опредѣленія высотъ цѣли реекъ изъ точки М, переносятъ инструментъ въ точку М'; направляютъ трубу сначала на рейки въ точкахъ В и С, а затѣмъ на рейки въ c , c' , d , d' поперечной нивелировки и т. д.

При работѣ ведется абрисъ, на которомъ отъ руки наносятся линіи нивелированія, ихъ румбы, астролябическіе углы, точки нивелированія, горизонтальныя разстоянія и высоты реекъ.

По опредѣленіи высотъ реекъ на мѣстности, приступаютъ къ вычисленію отмѣтокъ. Это вычисленіе для точекъ поперечной нивелировки дѣлается на основаніи правилъ, принятыхъ для продольной нивелировки: опредѣляютъ вертикальныя разстоянія точекъ отъ одной общей горизонтальной плоскости, проходящей надъ или подъ нивелируемымъ пространствомъ.

Для составленія профиля чертятъ на бумагѣ планъ ломанной линіи ABCD (черт. 319), означающей направление дороги или канала; затѣмъ откладываютъ въ принятомъ масштабѣ разстоянія, равныя горизонтальнымъ разстояніямъ между точками, въ точкахъ отложенія возставляютъ перпендикуляры къ линіямъ АВ, ВС и CD, они будутъ соответствовать линіямъ поперечнаго нивелированія, на перпендикулярахъ $a'b'$, $c'd'$, $e'f'$ и т. д. строятъ профили линій поперечнаго нивелированія обычнымъ путемъ (по горизонт. разстояніямъ и отмѣткамъ). Удобнѣе чертить профили линій продольной и поперечной нивелировки, каждую въ отдѣльности.

Журналъ поперечнаго нивелированія.

№№ станцій инструмента.	Разстояніе отъ точки продоль- ной нивели- ровки.	№№ точекъ или ниветовъ.	Въ саженьяхъ.				Примѣчаніе.
			Показанія высоты цѣли реекъ.	Разность уровня между точками продольной и поперечной ни- велировки.	Разность уровня точекъ продоль- ной нивели- ровки.	Отмѣтки (горизон- тальная ли- нія вверху).	
1	20	I	1,290			20,000	Пикетъ I-й въ лоціиѣ у колодца.
	12	вправо 1	0,893	—0,397	+1,261	20,397	
	20	влѣво { 1	1,077	—0,213		20,213	
	20		0,542	—0,748		20,748	
	50	II	0,029			18,739	
2	8 ^{1/2}	II	1,418	+0,168	+1,300	18,739	
	20	вправо { 1	1,250	+0,473		18,571	
	10		0,945	+0,669		18,098	
	20	влѣво { 1	0,749	+1,216		17,429	
	20		0,202			16,213	
	50	III	0,118			17,439	
3	20	III	0,320		—0,685	17,449	
	20	вправо 1	0,420	—0,100		17,539	
	20	влѣво 1	1,314	—0,994		18,533	
	50	IV	1,005			18,124	
4	20	IV	0,449	—0,175	+0,073	18,124	Пикетъ IV близь до- роги.
	7,3	вправо 1	0,624	—0,473		18,299	
	20	влѣво { 1	0,922	—0,768		18,892	
	20		1,217			18,051	
	50	V	0,376				
	и	т. д.					

Поперечную нивелировку можно производить, смотря по надобности, не только по перпендикулярному направлению къ продольной оси нивелированія, но и по произвольнымъ пересѣкающимъ ось направленьямъ; въ такомъ случаѣ опредѣляются углы, составляемые линіями поперечной нивелировки съ продольной.

Нивелированіе пространствъ.

Когда нивелированіе производится съ тою цѣлю, чтобы дать понятіе о топографическомъ видѣ земной поверхности значительнаго протяженія въ длину и ширину, тогда дѣйствіе называется — *нивелированіемъ пространствъ*.

Если на нивелируемомъ участкѣ находятся значительныя измѣненія рельефа, напр., нѣсколько горъ или холмовъ, образующихъ во взаимной связи одну или нѣсколько хребтовыхъ линій съ промежуточными между ними долинами, а по скатамъ горъ — съ лощинами и проч., то въ такомъ участкѣ нивелированіе ведется по линіямъ направленія хребтовъ, долинъ и лощинъ (водораздѣловъ и тальвеговъ); въ тоже время опредѣляютъ поперечнымъ нивелированіемъ точки скатовъ вправо и влево. Если же этого будетъ недостаточно для выраженія характера мѣстности, вслѣдствіе значительнаго удаленія осей долинъ и хребтовыхъ линій другъ отъ друга, то нивелируютъ еще линіи по срединѣ скатовъ и также съ опредѣленіемъ боковыхъ точекъ. По нанесеніи на планъ пронивелированныхъ линій и обозначеніи точекъ съ отмѣтками, получится возможность судить объ относительной высотѣ точекъ.

Если же въ данномъ участкѣ нѣтъ рѣзкихъ измѣненій рельефа, какъ напр., въ пространствахъ болотъ, луговъ и проч., то разбиваютъ участокъ ABCD (черт. 320) параллельными и перпендикулярными къ нимъ линіями на квадраты съ сторонами въ 10—20—50 саж.; величина сторонъ квадратовъ зависитъ какъ отъ вида поверхности, такъ и отъ точности, какая требуется отъ нивелировки.

Когда мѣстность разбита на квадраты и вершины ихъ обозначены нумерованными колышками (какъ и въ сложномъ продольномъ нивелированіи), приступаютъ къ нивелировкѣ вершинъ, сначала крайнихъ, кругомъ лежащихъ квадратовъ, а затѣмъ промежуточныхъ рядовъ (сначала нивелируютъ точки квадратовъ — съ 1-го по 24-й, потомъ — съ 25-го по 42-й и наконецъ — съ 43-го по 52-й по порядку).

Для нивелированія вершинъ перваго квадрата *Abda* нивелиръ помѣщается приблизительно въ срединѣ квадрата и опредѣляютъ показанія высотъ цѣли реекъ, поставленныхъ въ точкахъ *A*, *b*, *d*, *a*; на абрисѣ контуры ABCD записываютъ эти данныя. Переносятъ инструментъ въ средину 2-го квадрата и для связи работы опредѣляютъ сначала взгляды въ точкахъ *b* и *d*, а затѣмъ уже — въ точкахъ *c* и *e* и записываютъ

ихъ въ абрисѣ. При вторичномъ направленіи горизонтальной линіи визирова-
нія на рейки въ точкахъ b и d является возможность повѣрить работу такимъ
образомъ: пусть, когда инструментъ стоялъ въ первомъ квадратѣ, гори-
зонтальная плоскость, проектируемая оптической осью инструмента, по-
казала высоты реекъ: въ точкѣ $b = 0,895$ саж., въ $d = 0,760$; когда
же инструментъ стоялъ во второмъ квадратѣ, показаніе высоты цѣли
реекъ: въ $b = 0,650$, а въ $d = 0,515$. Разность: $-0,895 - 0,650 =$
 $0,245$ и $0,760 - 0,515 = 0,245$, одинаковая для обѣихъ точекъ, ука-
жетъ на то, что работа точна. Если же получатся неодинаковыя раз-
ности, то погрѣшность допускаемая (при нивелирѣ съ зритель. трубой
допускаемая погрѣшность $= 0,001 - 0,002$), то показанія измѣняются
на половину погрѣшности.

Въ результатѣ, при обходѣ нивелиромъ каждого круга квадра-
товъ, можно получить нѣкоторую неточность; напр., дойдя до 24-го
квадрата и опредѣливъ показанія высотъ цѣли реекъ въ точкахъ a и d ,
будемъ имѣть отмѣтки точекъ a и d по прежнимъ показаніямъ: $a =$
 $10,720$ саж., а $d = 10,760$, а по нивелировке изъ квадрата № 24-й
отмѣтка $a = 10,695$ а $d = 10,731$; слѣдоват., разница между отмѣт-
ками точки $a = 10,720 - 10,695 = 0,025$ саж.

„ $d = 10,760 - 10,731 = 0,029$.

Итакъ числа $0,025$ саж. и $0,029$ есть сумма ошибокъ, происшед-
шія при нивелированіи, равная въ среднемъ $0,027$ саж.

Для уничтоженія ея нужно распредѣлить ее на отмѣтки всѣхъ то-
чекъ прямо пропорціонально удаленію точекъ отъ 1-го квадрата: такъ
отмѣтки точекъ 1-го квадрата должны быть уменьшены на $\frac{0,027 \text{ с.}}{m}$,

отмѣтки точекъ 8-го квадрата уменьшатся на $\frac{0,027 \cdot 8}{m}$ и т. под.

(m —число квадратовъ въ прониивелированномъ кругѣ). Если нивелируютъ
нивелиромъ съ зрительной трубой, то нѣтъ необходимости, ставить инстру-
ментъ въ серединѣ каждого квадрата, а изъ произвольно взятыхъ точекъ
стоянія инструмента, слѣдуетъ стараться ^{опредѣлить} какъ можно больше точекъ ни-
велировки, расположенныхъ на разстояніи яснаго зрѣнія.

Обширные пространства нивелируются по частямъ. -

Когда производится нивелировка болотистыхъ — торфяныхъ, моховыхъ
мѣстъ, то дѣлаютъ еще **зондировку**: т. е., опредѣляютъ толщину бо-
лотистаго слоя, до твердаго грунта, и на планѣ приписываютъ ея ве-
личину къ высотамъ точекъ съ знакомъ „минусъ“.

Наложивъ на планъ прониивелированную поверхность, обозначивъ
на немъ точки съ отмѣтками, получимъ возможность судить объ отно-
сительной высотѣ точекъ мѣстности.

Если на нивелировочномъ планѣ соединить линіями точки одинаковаго уровня, то получится рядъ кривыхъ линій, называемыхъ *горизонталями*.

Необходимо, чтобы горизонтали проводились на одинаковомъ вертикальномъ разстояніи другъ отъ друга.

Планъ вычерченный горизонталями даетъ лучшее понятіе о топографическомъ видѣ мѣстности, чѣмъ планъ съ одними подписями высотъ. Въ назначеніи горизонталей на планѣ встрѣчается надобность при работахъ, предпринимаемыхъ для осушенія и орошенія пространствъ и проч., по нимъ наглядно можно ознакомиться съ направлениемъ скатовъ.

Точность работы при нивелировкѣ, кромѣ исправности инструмента и искусства нивелирующаго, зависитъ отъ вѣрной постановки рейки: уклоненія рейки отъ отвѣснаго положенія не всегда могутъ быть замѣчены; погрѣшности, происходящія отъ не вертикальности реекъ, при малыхъ высотахъ незначительны; но при опредѣленіи большихъ высотъ необходимо, во избѣжаніе ошибки, послѣ отсчета, велѣть рабочему снять рейку съ колышка, а затѣмъ опять поставить на прежнее мѣсто и смотрѣть: будетъ ли на рейкѣ показанъ прежній отсчетъ.

При сложномъ продольномъ нивелированіи дѣйствіе само по себѣ не представляетъ контроля (какъ это бываетъ при нивелировкѣ квадратами), то поэтому каждая дневная работа повѣряется обратнымъ ходомъ.

По вычисленіи отмітокъ, результаты считаются достаточно точными тогда, когда въ разности уровня крайнихъ точекъ, выведенной изъ обоихъ ходовъ, не заключается погрѣшности,—болѣе одного дюйма на каждую версту, если нивелировка произведена съ цѣлью проведенія дорогъ, и не болѣе 0,5 дюйма—для проведенія канавъ и каналовъ.

Опредѣленіе паденія линіи.

Паденіемъ линіи называется часть отвѣсной линіи, заключающейся между одной изъ данныхъ точекъ и горизонтальной линіей, проведенной изъ другой.

Пусть (черт. 321) даны на мѣстности точки А и В; если изъ точки А провести горизонтальную линію АН, а въ точкѣ В—отвѣсную, то ВН выразитъ разность уровня точекъ А и В; паденіе линіи АВ = $\frac{ВН}{АН}$ т. е., равна части разности уровня точекъ, приходящейся на единицу мѣры горизонтальнаго разстоянія.

Если точку А примемъ—заднюю, а В—переднюю, то паденіе будетъ отрицательное, такъ-какъ отмітка точки А меньше отмітки точки В; обозначивъ паденіе буквой *p*, получимъ въ данномъ случаѣ $-\frac{ВН}{АН} =$

— p ; при обратномъ склонѣ мѣстности имѣется $-\frac{+BH}{AH} = +p$: плюсь или минусъ при p покажетъ взаимное положеніе крайнихъ точекъ линіи.

Пусть разность уровня точекъ А и В = 0,5 саж., а горизонтальное разстояніе между ними = 500 саж., слѣдоват., паденіе линіи АВ = $\frac{0,5}{500} = 0,001$ саж. Обратно, зная паденіе, приходящееся на единицу мѣры, и — горизонтальное разстояніе, можно опредѣлить разность уровня крайнихъ точекъ линіи; слѣдуетъ умножить паденіе на горизонтальное разстояніе.

Зная паденіе и разность уровня точекъ, можно опредѣлить горизонтальное разстояніе.

Пусть a = разности уровня точекъ А и В.

„ b — паденіе линіи АВ.

„ c — горизонтальное разстояніе.

По предъидущему $b = \frac{a}{c}$, отсюда $c = \frac{a}{b}$ и $a = b \cdot c$.

Опредѣленіе паденія для промежуточной точки.

Когда извѣстно паденіе линіи, то можно всегда опредѣлить относительныя высоты какихъ либо промежуточныхъ точекъ, а также и ихъ отмѣтки, по горизонтальнымъ разстояніямъ этихъ точекъ отъ начальныхъ и по отмѣткамъ послѣднихъ.

Пусть (черт. 321) требуется узнать величину разности уровня точекъ М и А и отмѣтку точки М.

Разность уровня точекъ А и М есть линія MN; по подобію треугольниковъ ВАН и MAN составляется пропорція:

$$MN : AN = BH : AH \quad (I)$$

$$\text{или } MN = \frac{BH}{AH} \cdot AN \quad (II); \text{ но } \frac{BH}{AH} = p \text{ (паденіе линіи АВ)}$$

$$\text{Слѣдовательно } MN = p \cdot AN \quad (III)$$

т. е., разность уровня точекъ А и М (III) равна паденію линіи — p , умноженному на горизонтальное разстояніе — AN.

Такъ какъ MS (черт. 321) есть отмѣтка точки М, то, какъ видно по чертежу: $MS = NS + MN$, или $MS = AD + MN$ (при DK и AH — горизонтальныхъ): т. е., отмѣтка точки М равна отмѣткѣ предъидущей точки А — линіи AD, сложенной съ разностью уровня точекъ — MN (полученной вычисленіемъ) или $MS = AD + p \cdot AN \quad (IV)$.

Отсюда (IV) можно опредѣлить: чему равно p , AN и $p \cdot AN$

$$p = \frac{MS - AD}{AN}; \quad AN = \frac{MS - AD}{p}; \quad p \cdot AN = MS - AD.$$

На основаніи рѣшенія этихъ задачъ, рѣшаются вопросы при выравниваніи мѣстности въ данномъ направленіи: напр., пусть требуется выровнять мѣстность отъ А къ В, по линіи АГ, имѣющей паденіе $= -p$ (черт. 322).

Для опредѣленія глубины выемки земли по данному профилю, на примѣръ, при точкѣ С, отстоящей отъ А на разстояніи $= d$, очевидно необходимо вычислить отмѣтку, какъ точки $C = CC'$ такъ и точки $K = KC'$ (точка К находится на проектной линіи АГ отвѣсно подъ точкой С), и взять ихъ разность — СК.

Обозначивъ черезъ $+p$ — паденіе линіи АВ.

— " " — p — " " АГ.

— Горизонтальное разстояніе Аи буквой d .

— Отмѣтку точки А, линію АА' " a ,

получимъ на основаніи уравненія IV:

Отмѣтка точки С—линіа $CC' = a + (+p \cdot d)$.

" " К " $KC' = a + (-p \cdot d)$.

Линія КС (т. е., выемка при С) равняется $CC' - KC'$, или, что тоже, $КС = (a + p' \cdot d) - (a - p \cdot d)$ или

$$КС = p'd + pd$$

$$КС = (p' + p) \cdot d \text{ (V)}.$$

Давая— d значеніе: 10, 20, 30 и т. д. саж., получимъ по формулѣ (V) глубину выемки при соответствующихъ точкахъ линіи АВ.

Планировка поверхностей (черт. 323).

Если требуется выровнять поверхность какого либо участка т. е., сдѣлать планировку относительно принятаго горизонта, то вбиваютъ колья въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ рельефъ мѣняется. Нивелиръ ставятъ приблизительно въ срединѣ участка, а рейку на одномъ изъ кольевъ; по приведеніи оптической оси трубы въ горизонтальное положеніе, визируютъ на рейку и замѣчаютъ показаніе высоты цѣли рейки. Не измѣняя высоты цѣли, переставляютъ ее послѣдовательно на каждый колья, вбивая послѣдній въ землю настолько, чтобы точка пересѣченія нитей зрительной трубы совпадала съ чертой замѣченной цѣли. Тогда вершины всѣхъ кольевъ будутъ имѣть одинъ и тотъ же горизонтъ.

Принявъ наименьшую величину для высоты одного кола, опредѣляютъ разность высотъ всѣхъ кольевъ. Разности покажутъ: на сколько должно въ каждой точкѣ поверхности возвышать или понижать уровень. Напр.: если требуется выровнять мѣстность подъ горизонтъ точки А;

высота кольевъ—въ точкѣ $A=3$ фут., въ $B=4$ фут., въ $C=2$ фут., то очевидно, требуется при B насыпка слоя земли толщиною въ 1 футъ а при C — срыть на 1 футъ.

При значительной поверхности участка описанный способъ не примѣнимъ—слишкомъ копотливъ; въ этомъ случаѣ производить обычнымъ путемъ нивелировку поверхности, выбирая точки въ разстояніи 5, 10 и болѣе саженъ другъ отъ друга; на нивелирномъ планѣ записываютъ отмѣтки всѣхъ этихъ точекъ и промежуточныхъ (на измѣненіяхъ рельефа). Сколько нужно насыпать, или снять земли въ каждой точкѣ, покажетъ разность отмѣтокъ ихъ съ отмѣткой точки, горизонтъ которой принятъ для выравниванія. Еще лучше, отмѣтку той точки, чрезъ которую проходитъ плоскость выравниванія, назначить $= 0$ (нулю), тогда отмѣтки прочихъ точекъ прямо укажутъ глубину выемки или насыпи.

Для опредѣленія объема выемокъ или насыпей слѣдуетъ составить профили нивелируемыхъ линій и, сообразуясь съ вычисленными глубинами и горизонтальными разстояніями, путемъ геометрическимъ вычислять объемы.

Если выравнивается мѣстность не подъ горизонтальную плоскость, а съ извѣстнымъ паденіемъ, то опредѣливъ по предъидущему глубины выемокъ и насыпей, отнимаютъ или прибавляютъ паденіе, соответствующее каждой точкѣ (по формулѣ V).

На планахъ и профиляхъ—мѣста выемокъ заштриховываются тушью, а насыпей — карминомъ.

Нивелированіе рѣкъ.

Нивелированіе рѣкъ производится съ двоякой цѣлью: 1) для опредѣленія формы русла рѣки и 2) для опредѣленія паденія воды.

Въ первомъ случаѣ нивелировку производятъ въ направленіи перпендикулярномъ теченію: для чего на каждомъ берегу вбиваютъ по два кола (линіи, означаемыя кольями, должны быть перпендикулярны берегамъ); склоны береговъ къ водѣ нивелируютъ ватерпасомъ. Для опредѣленія формы русла неширокой рѣки натягиваютъ черезъ нее веревку съ узлами черезъ сажень или двѣ, и съ лодки измѣряютъ при каждомъ узлѣ глубину рѣки съ помощью рейки, шеста, или лота.

При значительной ширинѣ рѣки положеніе точекъ промѣра глубины опредѣляется засѣчками. Для этого устанавливаютъ на берегу два угломерныхъ инструмента (буссоль, пантометръ, астролябія, мензула): одинъ въ линіи составляемаго профиля, а другой на разстояніи, равномъ примѣрно ширинѣ рѣки. Наблюдатели при обоихъ инструментахъ опредѣляютъ углы направленія съ точекъ стоянія до точекъ промѣровъ глубины, направляя линію визированія на сигналъ, подаваемый съ лодки. Такимъ образомъ, по разстоянію между инструментами и по измѣреннымъ угламъ, опредѣляется положеніе точекъ промѣра глубины засѣчками.

Во второмъ случаѣ, т. е., для опредѣленія паденія рѣки, нивелировку продольную ведутъ вдоль берега, причемъ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ опредѣляютъ, посредствомъ поперечныхъ линій, высоту точекъ надъ уровнемъ воды. Но такъ какъ уровень воды въ рѣкахъ можетъ измѣняться отъ случайныхъ обстоятельствъ (притока дождевыхъ водъ, открытія шлюзовъ и проч.), то надобно послать нѣсколько человекъ со свайками, назначивъ имъ мѣста около $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ —1—2-хъ верстъ другъ отъ друга и приказать вбить свайки въ дно одновременно, въ назначенный часъ, въ уровень съ водою. Тогда уже производятъ нивелировку отъ какого нибудь прочнаго и замѣтнаго пункта К (черт. 324). Изъ первой станціи инструмента опредѣляютъ высоту рейки, поставленной на 1-й свайкѣ А; потомъ, наприм., изъ 2-й станціи опредѣляютъ высоту рейки, поставленной на 2-й свайкѣ В; далѣе—изъ 5-й станціи опредѣляютъ высоту рейки на свайкѣ С и т. д. Вычисливъ откѣтки точекъ А, В и С..., получимъ возможность опредѣлить, по предыдущему, паденіе рѣки, какъ по частямъ, такъ и между крайними точками. Въ опредѣленіи паденія рѣки встрѣчается надобность при построеніи плотинъ, шлюзовъ, удовлетворяющихъ извѣстному условію.

Для примѣра, рѣшимъ приближенно вопросъ: какой высоты можетъ быть плотина при точкѣ С, чтобы подпертая вода не могла затонить точку А, находящуюся выше по теченію, на разстояніи трехъ верстъ, паденіе рѣки $p = 0,00075$ саж. (черт. 325).

Такъ какъ можно принять приблизительно уровень подпертой воды за горизонтальный, начинающійся отъ С' и кончающійся у точки А, то CC' (разность уровня точекъ) = паденію, умноженному на разстояніе = $0,00075 \cdot 1500 = 1,125$ саж. Это и есть искомая высота плотины при точкѣ С, водосливъ же долженъ находиться ниже выведенной высоты.

Опредѣленіе неровностей дна озера или пруда.

Если озеро MN (черт. 326) не обширно, то разбиваютъ его параллельными линіями АВ, CD.... и перпендикулярными къ нимъ — QR и GT.... (проводимыми на равномъ разстояніи другъ отъ друга) на квадраты. Эти линіи обозначаются вѣхами, поставленными по двѣ на берегу. По направленію, означенному вѣхами, ѣдутъ на лодкѣ и въ точкахъ пересѣченія—*a*, *b*, *c*, *d*..... измѣряютъ лотомъ или шестомъ глубину озера.

По окончаніи работы составляется планъ съ сѣтью линій параллельныхъ и перпендикулярныхъ, въ точкахъ пересѣченія которыхъ записываются глубины, измѣренныя въ нихъ; по этому плану можно судить о рельефѣ дна.

Для лучшаго представленія о рельефѣ, можно составить профили по взятымъ линіямъ.

Если же озеро обширно и примѣнить первый способъ назначенія точекъ затруднительно, то поступаютъ такъ-же какъ и при нивелировкѣ широкихъ рѣкъ: т. е., при помощи двухъ инструментовъ дѣлаютъ направленія, опредѣляя такимъ образомъ положеніе точекъ промѣра глубины — засѣчками.

Содѣлатъ насыпь въ нѣкоторомъ разстояніи отъ рѣки, чтобы верхняя поверхность насыпи находилась напр. на 4 фута выше уровня воды и была бы параллельна теченію (черт. 327). Для этого опредѣляютъ сначала разность уровня точекъ А и В рѣки, пусть она равняется 2 фут.; затѣмъ, по направленію *ag*, параллельному теченію рѣки (по линіи будущей насыпи) нивелируютъ точки — *a, b, c, d, e, f* и *g*; ставятъ въ точкѣ *g* коль 4-хъ футовой высоты надъ уровнемъ воды въ рѣкѣ. Зная отмѣтки прочихъ точекъ, легко опредѣлить: сколько въ каждой точкѣ нужно насыпать земли, для того, чтобы разность уровня точекъ *g* и *a* = 2 ф. (тогда поверхность насыпи будетъ параллельна къ теченію рѣки). Если точекъ, кромѣ *a*, шесть и взяты онѣ на одинаковомъ разстояніи, то абсолютное паденіе, приходящееся на каждую точку = $\frac{2 \text{ фут.}}{6} = 4$ дюймамъ. Слѣдоват., точки насыпи будутъ имѣть отмѣтки (профиль QS): точка *f*' = *ff*' = 4 ф. — 4 дюйма = 3 ф. 8 д., отмѣтка *e*" = *e'e*" = 3 ф. 8 д. — 4 д. = 3 ф. 4 дюйма и т. д.

По этому, при точкѣ *f* нужно насыпать земли на высоту 3 фут. 8 д. минусъ отмѣтка точки *f*; при точкѣ *e* — на 3 ф. 4 д. безъ отмѣтки точки *e* и т. д. (вообще тоже, что и при планировкѣ мѣстности).

Поперечный профиль насыпи представляетъ видъ трапеціи (черт. 328), бока ея *ac* и *bd* наклонены къ основанію *cd* подъ нѣкоторымъ угломъ бѣльшимъ или меньшимъ 45° въ зависимости отъ назначенія грунта насыпи. Ширина крыши насыпи, *ab*, вездѣ одинакова; нижнее основаніе — *cd* мѣняется въ зависимости отъ высоты насыпи; при откосѣ *bdc* = 45°, $cd = 2h + ab$ = двойной высотѣ плюсъ ширина крыши.

Если (черт. 326) въ нашемъ примѣрѣ — *ff*' = 3 ф. 3 д., а ширина вверху плотины = 1 саж., то нижнее основаніе плотины при *f* равно $(3 \text{ ф. } 3 \text{ д.} \times 2) + 1 \text{ саж.} = 1 \text{ саж. } 6 \text{ ф. } 6 \text{ д.}$; пусть *ee*' = 3 ф. 1 д., слѣдоват., основаніе плотины при *e* = $(3 \text{ ф. } 1 \text{ д.} \times 2) + 1 \text{ саж.} = 1 \text{ саж. } 6 \text{ ф. } 2 \text{ д.}$ и т. д.

Для обозначенія насыпи на мѣстности, ставятъ по ея направленію по двумъ параллельнымъ линіямъ — АВ и CD (черт. 329), отстоящихъ

другъ отъ друга на ширину крыши, рядъ колышковъ $a, a, b, b, c, c, d, d, \dots$ при точкахъ нивелировки и придаютъ имъ такую высоту, какую должна имѣть насыпь въ этихъ точкахъ; затѣмъ, при соответствующихъ точкахъ откладываютъ вычисленную ширину основанія: $a'a', b'b', c'c'$, обозначая ихъ колышками. По разстановкѣ колышковъ производятъ насыпку земли по проектируемой насыпи.

Насыпи устраиваются при проведеніи дорогъ по затопляемымъ мѣстамъ,—для защиты низкихъ прибрежныхъ мѣстъ отъ затопленія верховой водою, для задержанія и подъема воды въ рѣкахъ и прудахъ. Насыпи, защищающія отъ подтопленія нажимною водою изъ сосѣднихъ водоемовъ, должны имѣть основаніе на непронускающемъ слоѣ, для чего предварительнo роется канава, глубиною до непроницаемаго слоя и на немъ воздвигаютъ насыпь изъ непронускающаго воду матеріала. (Или иногда, вмѣсто насыпи, роется обводная канава, перенимающая нажимную или ключевую воду).

Для вычисленія объема насыпи, можно принять ее за призму, нижнее и верхнее основаніе которой—трапеція. На мѣстности горизонтальной насыпь съ горизонтальной крышей будетъ имѣть объемъ равный площади поперечнаго сѣченія въ какомъ либо мѣстѣ, помноженной на длину насыпи. На мѣстности наклонной, или въ насыпяхъ съ паденіемъ, объемъ насыпей равняется среднему геометрическому числу изъ площадей обоихъ профилей, помноженному на длину. Если же профиль въ различныхъ мѣстахъ различна, напр., на мѣстности неровной, то объемъ насыпей вычисляется по частямъ и найденныя величины суммируются.

Отвести воду изъ озера N въ прудъ M канавой (черт. 330).

Для этого опредѣляютъ сначала разность уровня точекъ А и В (уровень воды) и по линіи АВ производятъ сложную нивелировку; вычисляютъ отмѣтки AA', FF', EE', DD', CC' точекъ А, F, E, D и С, вычисленныхъ относительно горизонтальной А'В, проведенной через низшую точку В и чертятъ профиль по линіи АВ. Положимъ, что дно канавы должно имѣть паденіе = 3 дюймамъ на 100 саж., слѣдоват., для разстоянія АВ равнаго напр.. 1340 саж. получимъ общее паденіе изъ пропорціи:

$$100 : 1340 = 3 \text{ д.} : x$$

$$x = \frac{1340 \cdot 3}{100} = 40,2 \text{ д.} = aA$$

Общее паденіе для дна канавы въ различныхъ его точкахъ опредѣлится изъ пропорцій; $fF' : 3 \text{ д.} = BF' : 100$; $eE' : 3 \text{ д.} = BE' : 100$.

$$dD' : 3 \text{ д.} = DE' : 100 \text{ и т. д.}$$

Зная величину отмѣтокъ точекъ В, С, D, E, F, можно опредѣлить: сколько нужно вынуть земли при данныхъ точкахъ, чтобы паденіе дна канавы было вездѣ равномерное данное.

Краткій очеркъ способовъ орошенія и осушенія земель

Какъ недостатокъ влаги въ почвѣ, такъ и избытокъ ея вредно дѣйствуетъ на произрастаніе растений; способы привлеченія въ почву необходимой влаги и удаленія излишней весьма многообразны. Путемъ періодической обработки, неоднократнаго рыхленія почвы, поддерживая ее въ постоянно рыхломъ состояніи у поверхности, чистой отъ сорныхъ травъ, можно достигнуть того, что даже такія почвы, какъ песчанныя, будутъ содержать въ себѣ достаточное количество влаги въ самое сухое время года. Влага эта сгущается въ порахъ почвы изъ паровъ, находящихся въ низшихъ слояхъ атмосферы, приходящихъ въ соприкосновеніе съ поверхностью почвы. Вспашка подъ зябь; задерживаніе снѣга на поляхъ при помощи переносныхъ изгородей, живыхъ изгородей, остатками урожая (оставленіемъ несрѣзанныхъ стеблей подсолнечника, кукурузы и т. п.): устройство земляныхъ валиковъ на поляхъ (насыпаемыхъ по горизонталямъ, поперекъ ската)—всѣ эти мѣры преслѣдуютъ одну и ту же цѣль: задержать какъ можно больше влаги въ почвѣ.

Суть орошенія состоитъ въ томъ, чтобы на данную поверхность привести воду и равномерно распредѣлить ее. Для этой цѣли пользуются водою снѣговой (сбѣгающей весною при таяніи снѣга по балкамъ въ водоемы), рѣчной и ключевою (колодезной). Въ природѣ существуетъ естественное орошеніе луговъ затопленіемъ (поемные луга, поймы, займища). Рѣки весной выходятъ изъ береговъ и затопляютъ низменные прибрежные долины; вода на нихъ держится болѣе или менѣе продолжительное время (отъ нѣсколькихъ дней до мѣсяца) въ зависимости отъ величины и топографическаго вида рѣчнаго бассейна, климата и характера культуры данной мѣстности. При пониженіи уровня воды въ рѣкѣ, вода постепенно входитъ въ берега и стекаетъ съ поверхности луговъ по водотекамъ.

Такое затопленіе можно вызвать искусственно повышеніемъ уровня воды въ рѣкѣ при помощи плотинъ (глухихъ или съ водоспусками) на удобныхъ къ сему мѣстахъ. Еще проще устраивается затопленіе, когда чрезъ лугъ скатывается въ рѣку внешняя вода съ сосѣднихъ склоновъ. Задача заключается здѣсь въ томъ, чтобы не допустить эту воду (обильную иломъ) до рѣки, задержавъ ее невысокими дамбами, ограждающими берега. Если склоны даютъ мало воды, или послѣдняя проходитъ стороною, то особыми канавами, перенимающими воду, проводятъ ее на орошаемый лугъ.

На такихъ искусственныхъ поемныхъ лугахъ вода задерживается на болѣе или менѣе продолжительный срокъ (2—3 недѣли) и затѣмъ чрезъ водоспуски отводится въ сосѣдніе водоемы. Если затопляемая поверхность раздѣлена дамбами на площадки, которыя поочередно наполняются водой, то такой способъ пользованія наз. *деривацией водъ*.

Объясненіе чертежа 333.

GH—пространство луга, ограниченное рѣкой PQ;

1, 2, 3,—балки (тальвеги);

A, B, C, D — водораздѣлы;

Стрѣлки *a, a, a, a* — направленіе воды, которую несутъ балки 2-я и 3-я;

m, m—неввысокая дамба около берега рѣки; *n, n*—поперечная дамба;

x, x, x — водоспуски; *p, p* — возвышеніе мѣстности.

MM — плотина, повышающая уровень воды въ рѣкѣ;

KT — канава, приводящая воду на поверхность луга;

ZZ — канава, приводящая на лугъ воду изъ балки 1-ой;

Стрѣлка *c* — направленіе воды изъ канавы ZZ;

Стрѣлки *b, b* — естественное направленіе водъ изъ балки 1-ой.

Если мѣстность дозволяетъ, вода приводится изъ рѣки безъ повышенія уровня послѣдней посредствомъ канавы АВ (черт. 334) на какое нибудь пространство О, уровень котораго ниже уровня воды въ рѣкѣ въ мѣстѣ А. Для успѣха необходимо, чтобы вода, текущая въ канавѣ, имѣла меньшее паденіе, чѣмъ рѣка. Нивелировкой опредѣляютъ разность высотъ А и В и придаютъ канавѣ меньшее паденіе, чѣмъ какое имѣетъ линія АВ. такъ что при точкѣ В дно канавы будетъ нѣсколько выше окружающаго пространства О, т. е. — канава въ концѣ будетъ идти по насыпи. Дамбами *d, d, d* преграждаютъ водѣ доступъ къ рѣкѣ.

Вешней водой пользуются и при орошеніи полей слѣдующимъ образомъ. Вешнія воды, идущія по балкамъ, задерживаются и собираются въ удобныхъ къ тому мѣстахъ, помощью плотинъ, размѣры послѣднихъ опредѣляются количествомъ воды, каковое можно собрать въ прудъ и видомъ той балки, гдѣ прудъ устраивается.

При опредѣленіи количества воды, какое долженъ вмѣстить проектируемый водоемъ, принимается въ расчетъ поверхность стоковъ (по съемкѣ точной или глазомѣрной) и количество осадковъ (по дождемѣру). Если балкою проходитъ мало воды въ прудъ, то перенимаютъ воду съ сосѣднихъ скатовъ особыми канавами, называемыми *водосборными*; если количество воды превышаетъ то, какое можетъ помѣститься въ прудѣ, то излишекъ отводится въ сторону *водоотводными* канавами. Задержанная плотиною вода проводится на поля, лежащія ниже ея уровня. Канавы, непосредственно принимающія воду изъ пруда, называются *водопроводными*. Онѣ сообщаются съ водоемомъ или простымъ шлюзомъ

(черт. 335), или чрезъ чугунную трубу (черт. 336), проложенную сквозь плотину, или посредствомъ сифона (черт. 337).

Водоприводныя каналы дѣлаются съ дномъ горизонтальнымъ и ведутся по горизонталямъ; если же и дается паденіе, то самое незначительное—0,0001 — 0,0003 с. Иногда, гдѣ требуютъ того топографическій видъ мѣстности и хозяйственные соображенія, водоприводныя каналы ведутъ по насыпямъ, по желобамъ, утвержденнымъ на столбахъ, въ туннеляхъ; но такія сооруженія дѣлаются на незначительныхъ разстояніяхъ, такъ какъ увеличиваютъ издержки на предпріятіе.

Изъ водоприводныхъ канавъ вода поступаетъ въ *распредѣлительныя* каналы, идущія по скату, имѣющія паденіе ската, если послѣднее не превышаетъ предѣльнаго (средній грунтъ 0,001 с.); если же паденіе ската превышаетъ эту норму, то, во избѣжаніе размыва канавы, ее дѣлаютъ съ уступами (падунами) *abcdef* (черт. 338); при чемъ часть канавы между двумя уступами имѣетъ нормальное паденіе; уступы эти для прочности вымощиваются кирпичемъ на цементъ.

Отъ распредѣлительныхъ расходятся вправо и влево оросительныя каналы, идущія по горизонталямъ, поперекъ ската; онѣ не имѣютъ паденія; изъ нихъ уже вода выступаетъ на поверхность орошаемаго пространства въ оросительныя бороздки, дѣлаемая сохой или окучникомъ послѣ посѣва на всей поверхности поля.

Водоприводныя каналы при каждой распредѣлительной, распредѣлительныя каналы при каждой оросительной, имѣютъ перемычки, позволяющія задерживать воду и напускать ее по желанію въ тотъ или иной районъ орошаемаго пространства; изъ оросительныхъ же канавъ въ оросительныя бороздки вода поступаетъ чрезъ прорывъ берега въ любомъ мѣстѣ канавы.

При орошеніи ровнаго пространства могутъ быть только два вида канавъ—водоприводныя и распредѣлительныя, послѣднія служатъ и оросительными. Здѣсь каналы проводятся по насыпи, а спускается вода въ оросит. бороздки при помощи деревянныхъ желобовъ. На черт. 339 ММ—прудъ, *aa, aa*—водоприводныя каналы, *bb, bb*—распредѣлительныя, *tt, tt*—оросительныя.

Орошеніе, гдѣ вода отъ водоприводныхъ канавъ идетъ въ одну сторону, называется *односкатнымъ* (черт. 339). На черт. 340 *ab*—водоприводная канава, скатъ отъ нея идетъ въ обѣ стороны; *cd, cd*—распредѣлительныя и вмѣстѣ—оросительныя каналы, *m, m*—оросительныя бороздки. Такое орошеніе, гдѣ вода идетъ на два ската, называется *двускатнымъ*.

Если площадки орошаемого пространства между каждыми двумя параллельными канавами выравнены въ плоскость, орошеніе называется *правильнымъ*.

Мѣста низменныя (ложбины), гдѣ происходитъ застой воды, стекающей съ орошеннаго пространства, должны быть осушаемы канавами, отводящими излишекъ воды куда либо въ сторону.

Размѣры канавъ опредѣляются количествомъ воды, которое онѣ должны вмѣстить. Въ общихъ чертахъ: если водоприводная канава имѣетъ 1 арш. глубины, распределительныя $\frac{3}{4}$ арш., оросит. канавы $\frac{1}{2}$ арш. и оросительныя бороздки 1—2 вершка.

Когда для орошенія можно воспользоваться ключевой водой, то или непосредственно проводить ее канавами на орошаемое пространство, или собирать въ водоемы, изъ которыхъ уже и распределяютъ воду по-временно.

Въ томъ случаѣ, когда источники воды лежатъ ниже подлежащаго орошенію пространства, необходимость заставляетъ прибѣгнуть къ помощи различныхъ водоподъемныхъ машинъ, изъ которыхъ перечислимъ слѣдующія: татарскій чигирь—колесо, снабженное черпаками; норія—безконечная цѣпь съ черпаками; ленточная водоподъемная машина—безконечная веревочная лента, приводимая въ движеніе въ узкомъ вертикальномъ, или наклонномъ, деревянномъ каналѣ; Архимедовъ винтъ; гидравлическій таранъ и наконецъ, насосы различнаго рода, приводимые въ движеніе людьми, животными, водяными, вѣтранными и паровыми двигателями.

Проектированіе канавъ по нивелировочному плану.

Предъ *осушеніемъ*, или *орошеніемъ* какого либо участка земли, необходимо произвести нивелировку какъ даннаго участка, такъ и окружающихъ его возвышенностей и находящихся вблизи водоемовъ, для рѣшенія вопроса можно ли откуда привести или куда отвести воду. Послѣ нивелировки составляется планъ даннаго участка съ сѣтью линий, проведенныхъ при работѣ нивелированія. На планѣ при каждой точкѣ записывается отмѣтка ея, а по отмѣткамъ точекъ можно судить о направленіи канавъ. Если отмѣтки точекъ вычислены относительно горизонтальной плоскости, проведенной надъ мѣстностью, то низшія точки будутъ имѣть большія отмѣтки, а высокія—меньшія отмѣтки; при горизонтальной плоскости проектируемой подъ мѣстностью—наоборотъ.

Канавы, проводимыя съ цѣлью орошенія, должны идти по *высшимъ* точкамъ орошаемой мѣстности, канавы осушительныя идутъ чрезъ *низшія* точки осушаемаго пространства; это направленіе канавъ и назначаютъ на планѣ. Но полученное такимъ путемъ

направленіе можетъ быть зигзагообразная линія, состоящая изъ прямыхъ, сходящихся подъ прямыми или острыми углами, тогда какъ, по правиламъ — поворотъ канавы долженъ быть подъ тупымъ угломъ (во избѣжаніе размыва щекъ канавы). Въ такомъ случаѣ зигзагъ канавы на планѣ по возможности выпрямляютъ, при чемъ главное направленіе остается то-же.

Полученную проектную линію канавы или ось ея наносятъ на мѣстность — или по румбамъ, или промѣрами отъ точекъ нивелировки. Затѣмъ по оси, намѣченной на мѣстности, нивелируютъ вновь и отмѣчаютъ глубину ея въ различныхъ мѣстахъ (глубина вычисляется по отмѣткамъ и паденію, если послѣднее есть у канавы) колышками съ надписью глубины.

Очень простой способъ, опредѣлить склоны мѣстности, состоитъ въ слѣдующемъ:

Весною, во время таянія снѣга, также во время сильнаго дождя, внимательно наблюдая по какому направленію стекаетъ вода и гдѣ она застаивается, опредѣляютъ колышками скаты мѣстности; слѣдоват., по такому наблюдению можно назначить и направленіе канавъ. Но этотъ способъ можетъ и ввести въ ошибку — на мѣстахъ, имѣющихъ много возвышеній и углубленій, на болотахъ котловинныхъ, на болотахъ обширныхъ, на почвахъ песчаныхъ, легко впитывающихъ воду. Поэтому — то лучше опредѣлять склоны нивелировкой.

Виды, направленіе, число, глубина и форма канавъ осушительныхъ. По виду своему канавы раздѣляются на — *открытыя и подземныя* (дренажъ). По цѣли и дѣйствіямъ *открытыя* канавы раздѣляются на *накопныя (приводныя, водопріемныя)* и *отводныя (спускныя)*.

Накопныя имѣютъ цѣлью принимать воду, текущую съ возвышенностей, и отрѣзывать ее отъ мѣстъ ниже лежащихъ.

Онѣ располагаются поперекъ уклона и дно должны имѣть горизонтальное (или съ весьма небольшимъ паденіемъ).

Отводныя принимаютъ воду, собранную накопными канавами или непосредственно, и отводятъ ее въ назначенное для спуска мѣста. Онѣ располагаются внизъ по скату и дно ихъ должно имѣть паденіе. Нерѣдко одна и та же канава служитъ и накопною и отводною.

Но вообще канавы раздѣляются на большее число видовъ, наприм.: *отводный* каналъ, *обводный* каналъ, *боковыя* канавы, *вспомогательныя* (большія и малыя) и наконецъ — *верховыя канавки*.

Отводный каналъ проводится, если требуется отвести воду ручья или рѣки, протекающихъ по болоту, не по самому болоту, а выше его

— въ сторонѣ. Этотъ каналъ проводятъ до другой рѣчки, ручья или озера; или, обведя его стороною, соединяютъ съ русломъ той же рѣчки или ручья, ниже осушаемаго мѣста.

Обводный (периметрический) каналъ — его назначеніе предохранять осушаемое пространство отъ нажимныхъ водъ вышележащихъ водоемовъ, или отъ водъ ключей.

Центральная или главная канава проводится по длинѣ болота. Она принимаетъ въ себя воду изъ всѣхъ другихъ канавъ, расположенныхъ по болоту и потому дѣлается глубже и шире другихъ канавъ.

Спускная канава отводитъ болотную воду въ ручей, рѣку и т. под. не по болоту уже, а внѣ его. Ей большею частью дается прямолинейное направленіе. Очень часто она служитъ продолженіемъ центральной канавы.

Боковыя канавы на большихъ болотахъ располагаются по ширинѣ ихъ и впадаютъ въ главную канаву. Онѣ дѣлаются одинаковой глубины съ главною, но уже ея.

Вспомогательныя канавы проводятся между главными и боковыми и впадаютъ въ нихъ. Онѣ дѣлаются уже и мельче главной, располагаются всегда подъ угломъ къ скату поверхности болота и должны имѣть достаточное паденіе. Цѣль проведенія ихъ—облегчить стокъ воды съ поверхности и изъ средней части почвеннаго слоя болота. Эти канавы подраздѣляются на большія (впадающія въ главную или боковыя) и малыя (впадающія въ большія вспомогательныя).

Верховыя канавки вводятся въ малыя вспомогательныя, онѣ имѣютъ цѣлью спускать воду съ поверхностнаго слоя болота. Размѣры имъ даютъ малыя, и впослѣдствіи, когда болото обсохнетъ, ихъ уничтожаютъ.

Боковыя, вспомогательныя и верховыя канавы, для краткости, называютъ канавами 1-го, 2-го и 3-го разряда, называютъ ихъ также стрѣлками.

Размѣщеніе, направленіе и соединеніе ихъ, форма и паденіе канавъ осушительныхъ. Мѣста для канавъ опредѣляются нивелировкой и зондировкой. Прежде всего находятъ мѣсто для спускной канавы, т. е., опредѣляютъ наиболѣе низкія точки, черезъ которыя вода болота должна быть отведена въ ручей, рѣчку или другое подобное мѣсто. Одновременно роется и обводная канава, если она необходима. Затѣмъ, по низкимъ точкамъ болота проводится центральная, а послѣ уже—прочія, которыя также проводятся по низкимъ точкамъ. Если на протяженіи канавы встрѣтятся большія и глубокія ямы, или впадины,

то ихъ должно обходить или засыпать землею, вырываеюй изъ канавъ; въ противномъ случаѣ, изъ за такихъ ямъ. общую глубину канавъ пришлось бы сильно увеличить.

Направление канавъ и соединеніе ихъ между собою.

По прямолинейнымъ канавамъ вода скорѣе стекаетъ, а при поворотахъ медленнѣе, и чѣмъ круче поворотъ, тѣмъ болѣе препятствій теченію воды. Не всегда, разумѣется, можно давать канавамъ прямолинейное направленіе; но всегда и непремѣнно повороты нужно дѣлать закругленными и чѣмъ радіусъ закругленія будетъ больше—тѣмъ лучше; этимъ достигается не только скорость теченія воды, но и гарантируется прочность канавы, такъ какъ при угловомъ соединеніи вода размываетъ бока канавы. При нежеланіи строить закругленія, можно допустить соединеніе ихъ подъ очень тупыми углами.

Соединеніе канавъ подъ прямыми углами допускается:

- а) Когда изъ накопной канавы ведется отводная;
- б) Когда соединяются между собою малыя вспомогательныя канавы во мху или торфѣ;
- в) Когда на мѣстѣ ровномъ дѣлается съѣзъ небольшихъ горизонтальныхъ канавъ;
- г) Когда небольшая канавка впадаетъ въ центральную.

Нужно замѣтить еще, что если мѣстность позволяетъ, то канавамъ хорошо давать направленіе съ сѣвера на югъ, чтобы полуденное солнце могло кидать лучи свои вдоль по канавамъ.

Форма канавъ и паденіе ихъ. Чтобы канавы исполняли свое назначеніе и были прочны, имъ придается опредѣленная форма и, гдѣ нужно, извѣстное паденіе.

Форма эта (профиль, разрѣзъ) опредѣляется глубиною канавы, шириною дна и большею или меньшею отлогостью стѣнокъ.

- а) *Глубина*, которую должна имѣть канава, зависитъ отъ мѣстности и тѣхъ цѣлей, для которыхъ она вырывается; а потому относительно этого опредѣленныхъ правилъ дать нельзя.

Можно замѣтить: 1) на мѣстахъ ровныхъ канавы должны быть такъ глубоки, чтобы при соотвѣтственной ширинѣ могли вмѣщать въ себя всю воду, которая должна по нимъ протекать; 2) на мѣстахъ неровныхъ—канавамъ нужно давать такую глубину, чтобы вода не переливалась черезъ края ихъ на низшихъ точкахъ и чтобы не требовалось лишняго снимать и съ возвышенностей (измѣненіе глубины канавъ на мѣстахъ неровныхъ опредѣляется нивелировкой).

3) Канавы, служащія для отвода воды изъ котловинъ, должны имѣть дно ниже, или покрайней мѣрѣ на одинаковой глубинѣ съ самой низкой точкой котловины; 4) канавы обводныя, водопріемныя, центральныя—должно дѣлать такой глубины, чтобы дно ихъ лежало ниже того слоя почвы, въ которомъ держится вода, или который пропускаетъ воду.

б) *Ширина подошвы или дна канавы* зависитъ отъ количества воды, которая будетъ проходить по канавѣ.

Ширина дна дѣлается обыкновенно 4—6 вершковъ; но когда канава должна вмѣстить въ себѣ много воды—ширину дна увеличиваютъ. Ширина дна, несмотря ни на какія неровности, должна быть одинакова на всемъ протяженіи канавы.

Только въ канавахъ, принимающихъ въ себя канавы побочныя, и въ которыхъ, по мѣрѣ впаденія таковыхъ, объемъ воды значительно увеличивается, необходимо увеличивать и ширину дна, соразмѣрно количеству прибывающей воды. Дно большею частью дѣлается плоскимъ; но небольшія боковыя канавки (2-го и 3-го разряда) лучше дѣлать съ дномъ закругленнымъ, чтобы облегчить и сцентрировать теченіе воды и тѣмъ предупредить засореніе и размываніе дна и боковъ.

с) *Величина откосовъ* (уклонъ боковъ канавы) зависитъ отъ грунта и быстроты теченія воды: чѣмъ связнѣе почва и чѣмъ медленнѣе течетъ вода, тѣмъ круче можно дѣлать бока канавы; чѣмъ рыхлѣе почва и быстрѣе теченіе, тѣмъ откосы должны быть отложе. (На почвахъ торфяныхъ бока накопныхъ канавъ можно дѣлать вертикальными, такъ что верхнее отверстіе равно ширинѣ дна). На грунтахъ плотныхъ откосы дѣлаютъ въ 45° ; при такихъ откосахъ, верхнее отверстіе ab (черт. 331) $= 2h + cd$, т. е., равно двойной глубинѣ съ прибавкой ширины дна. На рыхлыхъ почвахъ откосы дѣлаютъ отложе, такъ что верхнее отверстіе измѣняется тройною и даже четверною глубиною канавы съ прибавкою ширины дна; отложе этого откосы не дѣлаются.

Очевидно: чѣмъ отложе откосъ, тѣмъ больше увеличивается выемка земли и тѣмъ прочнѣе будетъ канава.

Величина откоса должна быть одна и та-же на всемъ протяженіи канавы (если грунтъ земли, по которой она проходитъ, одинаковый); верхнее же отверстіе канавы измѣняется въ зависимости отъ неровностей мѣстности и паденія дна канавы. Хорошо, если откосы не подъ угломъ сходятся съ дномъ канавы, а соединяются съ нимъ закругленіемъ.

д) *Паденіе (скатъ, наклонность)* дается такимъ канавамъ, которыя должны проводить воду изъ одного мѣста въ другое. Канава по всей длинѣ своей должна имѣть равномерное паденіе, безъ чего она

въ однихъ мѣстахъ будетъ размываться, въ другихъ засоряться. Изъ опыта извѣстно, что самая удобная наклонность канавы есть та, когда дается на 100 саж. длины отъ 3-хъ до 5-ти вершковъ паденія. Если дать паденіе меньше 3-хъ вершковъ, то, хотя канава и можетъ служить для отвода воды, но теченіе будетъ медленное и канава легко засоряется иломъ. Не хорошо, если канавамъ дается паденіе болѣе 5-ти вершковъ на 100 саж., такъ-какъ, при большомъ паденіи, канавы скоро размываются. Чѣмъ тверже почва, тѣмъ большее паденіе можно давать канавамъ и наоборотъ.

Гдѣ канавы подвергаются размыву, тамъ полезно укрѣплять бока ихъ дерномъ, досками, камнемъ и проч.

Вычисленіе объемовъ выемки земли изъ канавъ.

При опредѣленіи выемки земли могутъ встрѣтиться четыре случая.

I. Канавы съ дномъ горизонтальнымъ на мѣстахъ горизонтальныхъ. Для опредѣленія вмѣстимости такихъ канавъ нужно знать длину и профиль (или поперечный разрѣзъ). Очевидно, (черт. 332) при горизонтальной mn и $d'd$, профиль $abdc = a'b'd'c'$, а объемъ выемки = площади $abdc$ помноженной на длину mn ; площадь $abdc$

(трапеція) $= \frac{ab + cd}{2} \cdot h$; при откосѣ въ 45° $ab = 2h + cd$;

слѣдовательно, площадь трапеціи $abdc = \frac{2h + cd + cd}{2} \cdot h = \frac{2h + 2cd}{2} \cdot h$ (I).

Пусть глубина $h = 3$ арш., ширина дна $= 6$ вершк. и длина канавы $= 150$ саж.; тогда площадь профиля канавы равняется по уравне-

нію (I) $\frac{6 \text{ арш.} + 12 \text{ верш.}}{2} \cdot 3 = 2592$ кв. вер., а объемъ выемки

равняется $2592 \text{ кв. в.} \times 150 \text{ саж.} = 168 \text{ куб. с.} = 20 \text{ куб. ар.} = 4 \text{ куб. в.}$ Слѣдов., въ этомъ случаѣ кубическое содержаніе канавы равняется площади поперечнаго сѣченія, помноженной на длину.

II. Канавы съ дномъ горизонтальнымъ на мѣстахъ покатыхъ и канавы съ паденіемъ на мѣстахъ горизонтальныхъ.

Если канава должна имѣть опредѣленное паденіе, то вычисленіе кубическаго содержанія производится иначе.

Пусть (черт. 332) канава имѣть $cd = 4$ верш., $h = 16$ верш.,
 $ab = 2h + cd = 36$ верш., паденіе на 100 саж. принято $= 4$ верш.,
 длина канавы $= 100$ саж. Начальный профиль канавы имѣть площадь $=$
 $\left(\frac{36+4}{2}\right) 16 = 320$ кв. верш., площадь профиля въ концѣ канавы $=$
 $\left(\frac{44+4}{2}\right) \cdot 20 = 480$ кв. верш. Очевидно, что при вычисленіи кубическаго содержанія нельзя брать ни того ни другаго, а берется среднее геометрическое число между 320 и 480 кв. верш.; по пропорціи: 320:
 $x = x : 480$; отсюда $x^3 = 320 \cdot 480 = 153600$; $x = \sqrt[3]{153600}$
 $= 391,82$ кв. верш., умноживъ 391,82 кв. верш. на 100 саж. или
 4800 верш. получимъ объемъ $= 1880736$ куб. верш., или немного болѣе 17 куб. саж.

Если ведется канава съ дномъ горизонтальнымъ по мѣсту покатому, то для вычисленія кубич. содержанія поступаютъ точно такъ-же, какъ и при канавахъ съ паденіемъ на мѣстахъ горизонтальныхъ; здѣсь глубина канавы въ концѣ опредѣляется по паденію или возвышенію мѣстности: на сколько мѣстность возвышается къ концу канавы, столько и нужно прибавить къ начальной глубинѣ, на сколько понижается — вычесть.

III. Канавы съ паденіемъ на мѣстахъ покатыхъ. При опредѣленіи вмѣстимости этихъ канавъ должно обращать вниманіе на то, въ которую сторону мѣстность имѣть паденіе. Если мѣстность имѣть паденіе въ ту же сторону, въ какую нужно дать паденіе канавѣ, то изъ конечной глубины канавы, вычисленной для горизонтальной мѣстности, вычитается паденіе мѣстности въ концѣ и разность принимается за дѣйствительную глубину конца канавы. Если, напр., на протяженіи 167 саж. мѣстность имѣть паденіе общее $= 9$ верш. и на этомъ протяженіи нужно провести канаву, которая должна имѣть ширину дна $= 5$ верш., глубину въ началѣ $= 12$ верш., паденіе на 100 саж. 6 верш. или $\frac{6}{100}$ вершка на 1 саж., то кубическое содержаніе ея опредѣлится слѣдующимъ образомъ: квадратное измѣреніе профиля въ началѣ $=$
 $\frac{34}{2} \cdot 12 = 204$ кв. верш.; глубина въ концѣ $= \frac{6 \cdot 167}{100} + 12$ верш. $= 9$ верш.
 $= 13,02$ слѣдов., квадр. измѣреніе профиля въ концѣ равно $= \frac{36,04}{2} \cdot 13,02$
 $= 247,64$ кв. верш. Изъ пропорціи: $204 : x = x : 247,64$, находимъ среднее геометрическое $= x = \sqrt{204 \cdot 247,64} = 224,76$ кв. вершка.

Умноживъ 224,76 кв. вершка на 8016 верш. (длина канавы = 167 саж.) получимъ 16,3 куб. саж.

Если же канавѣ нужно дать паденіе противоположное паденію мѣстности, то къ найденной глубинѣ канавы въ концѣ (принимая мѣстность горизонтальною) нужно прибавить ту величину, на которую точка мѣстности при концѣ канавы выше точки мѣстности въ началѣ канавы. Если бы въ приведенномъ примѣрѣ мѣстность, вмѣсто пониженія къ концу канавы, возвышалась на 9 вершковъ, то глубина въ концѣ канавы была бы равна $\frac{6.167}{100} + 12 = 31,02$ вершка, сообразно этому увеличилось бы квадратное измѣреніе профиля въ концѣ: оно равнялось-бы $\frac{72,04}{2} \cdot 31,02 = 1117,34$ кв. в.; среднее геометрическое между 204 кв. в. и 1117,34 кв. в. = 477,43 кв. в. и кубическое содержаніе = 477,43 кв. в. $\times$ 8016 вер. = 34,6 куб. саж.

IV. Канавы на мѣстахъ неровныхъ. При опредѣленіи кубическаго содержанія этихъ канавъ вычисляютъ объемъ по частямъ: дѣлятъ канаву рядомъ вертикальныхъ плоскостей въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ рельефъ мѣстности измѣняется, на части и объемъ каждой части вычисляется по предъидущему.

Сумма объемовъ частей будетъ равна объему земли, вынутой изъ всей канавы.

ОГЛАВЛЕНІЕ.

Стран.

3. Предварительныя понятія.
4. Проекція линій, угловъ и фигуръ.
7. Инструменты. Чертежные инструменты: линейка; треугольникъ; циркуль простой, пружинный, рычажный, пропорціональный; масштабъ.
14. Транспортиръ.
15. Опредѣленіе величины угловъ на бумагѣ.
20. Обозначеніе точекъ и линій на мѣстности.
21. Вѣшеніе линій. Вѣшеніе линій на открытой мѣстности.
23. Провѣшиваніе линій чрезъ лѣсъ и кустарникъ.
24. Провѣшиваніе линій чрезъ глубокія долины, по скатамъ горъ и чрезъ овраги.
25. Измѣреніе линій на мѣстности: цѣпь, цѣпные кольца и колышки, веревка, шнуръ, тесьма, жезлъ, полевой циркуль, измѣреніе линій шагами.
29. Измѣреніе линій на покатостяхъ.
31. Высотомѣры (эклиметры).
34. Рѣшеніе различныхъ задачъ на мѣстности посредствомъ цѣпи и кольевъ.
34. Проведеніе перпендикулярныхъ линій.
35. Проведеніе параллельныхъ линій.
36. Измѣреніе непреступныхъ разстояній.
38. Измѣреніе угловъ.
39. Измѣреніе высоты предметовъ.
40. Съёмка участковъ цѣпью.
42. Съёмка внутреннихъ контуръ цѣпью.
43. Энкера: Крестообразный экеръ.
45. Цилиндрическій экеръ.
46. Восьмигранный и коническій экера.
46. Отражательные экера: однозеркальный экеръ.
48. Двухзеркальный экеръ.

Стран.

50. Рѣшеніе различныхъ задачъ на мѣстности при помощи эскера, цѣпи и кольевъ.
50. Проведеніе параллельныхъ линій.
50. Опредѣленіе неприступныхъ разстояній.
52. Проведеніе перпендикуляровъ изъ неприступныхъ точекъ.
53. Опредѣленіе величины угловъ.
54. Эккерная съемка.
54. Съемка окружной межи координатами.
55. Съемка окружной межи способомъ обхода.
56. Съемка внутреннихъ контуръ.
56. **Вычисленіе площадей** путемъ геометрическимъ.
63. Вычисленіе площадей механическимъ способомъ: палетка, волосяная сѣтка, агрометръ Бибикова, планиметръ Амслера.
68. **Буссоли.**
70. Буссоль съ діоптрами.
71. Буссоль Шмалькальдера.
72. Повѣрка буссолей.
74. Магнитные и истинные азимуты.
76. Задачи, рѣшаемыя на мѣстности съ помощью буссоли: опредѣленіе величины угловъ, проведеніе параллельныхъ и перпендикулярныхъ линій, буссольная съемка.
79. Опредѣленіе склоненія стрѣлки.
86. **Уровень:** ватерпасъ, клитометръ, цилиндрическій уровень.
89. **Ноніусъ.**
91. **Астролябія.**
93. Повѣрки астролябіи.
96. **Межеваніе.**
99. Производство межевой съемки.
101. Составленіе межеваго плана.
102. Повѣрка астролябическихъ угловъ румбическими.
105. Пантометръ простѣйшаго устройства.
106. Съемка внутреннихъ контуръ угловѣрными инструментами.
108. **Накладна.**
110. **Невязка** и ея уничтоженіе.
113. Возобновленіе межевыхъ признаковъ.
116. **Размежеваніе.** Дѣленіе площадей по различнымъ условіямъ.
123. **Разбивка** полей на смѣны, клинья и десятины.
127. **Мензула.**
128. Мюнхенская Рейссига.
130. Старая Мюнхенская.
130. Мензула Стефана.

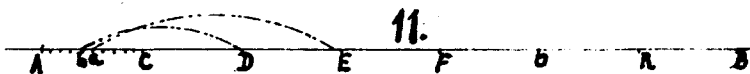
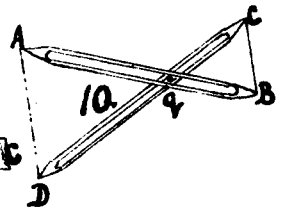
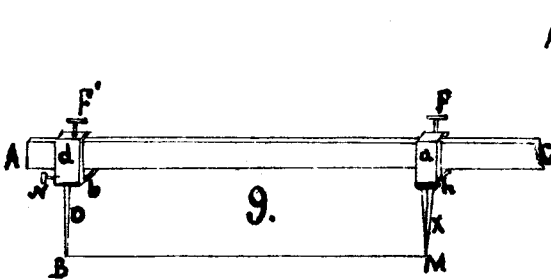
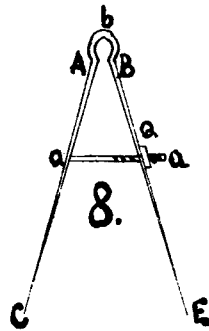
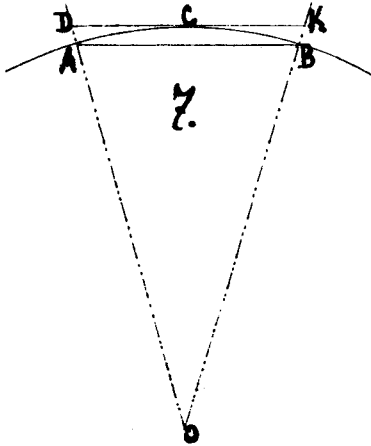
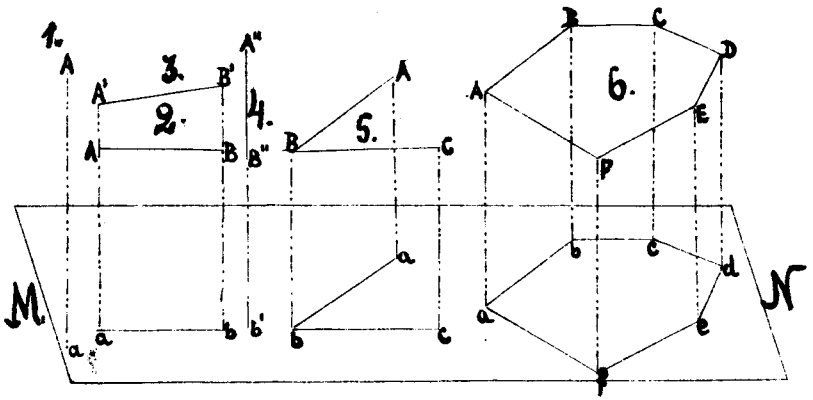
Стран.

131. Блокъ - Мензула.
132. Повѣрка мензулы.
132. Принадлежности мензулы: уровень, вилка съ отвѣсомъ, мензульная буссоль.
135. Алидада съ діоптрами.
137. Кипрегель.
141. Повѣрка кипрегеля.
143. Дальномѣръ.
145. Опредѣленіе угловъ мензулой, установка и ориентировка.
146. Проведеніе перпендикулярныхъ линій.
146. Проведеніе параллельныхъ линій.
147. Опредѣленіе третьей точки по двумъ даннымъ.
148. Мензульная съемка.
151. Съемка внутреннихъ контуръ.
151. Составленіе треуголяціонной сѣти.
152. Составленіе треуголяціонной сѣти, когда снимаемый участокъ помѣщается на одной планшетной доскѣ.
154. Составленіе треуголяціонной сѣти, когда снимаемый участокъ не помѣщается на одной планшетной доскѣ.
155. Собственно съемка внутреннихъ контуръ.
155. Съемка засѣчками.
156. Съемка полярнымъ способомъ.
157. Съемка способомъ обхода.
158. Съемка промѣрами на точки треуголяціи.
158. Способъ параллельныхъ линій.
159. Связываніе треуголяціонной сѣти съ окружной линіей.
159. Повѣрка съмоковъ.
160. Съемка чрезполосныхъ владѣній.
160. Изображеніе на планахъ неровностей мѣстности или ситуаций.
162. Назначеніе горизонталей на мѣстности.
167. Изображеніе неровностей штрихами.
171. Копированіе плановъ.
174. Пантографъ.
176. Лѣсная съемка.
178. Назначеніе границъ лѣсамъ.
178. Раздѣленіе лѣсовъ на кварталы.
181. Собственно лѣсная съемка.
182. Планы лѣснаго хозяйства и ихъ отдѣлка.
183. Нивелированіе.
187. Рейки.
189. Нивелиры.

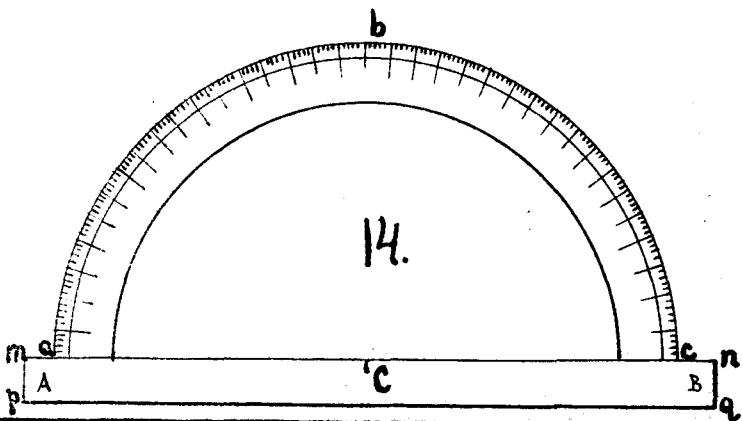
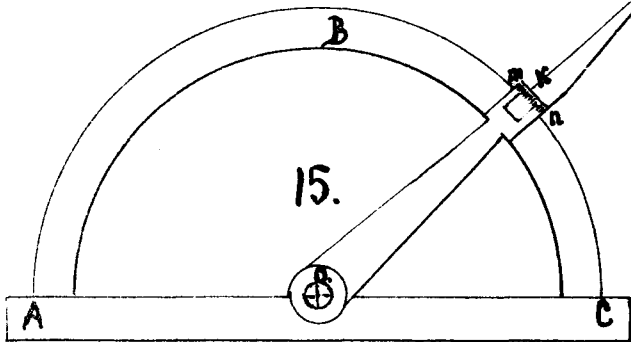
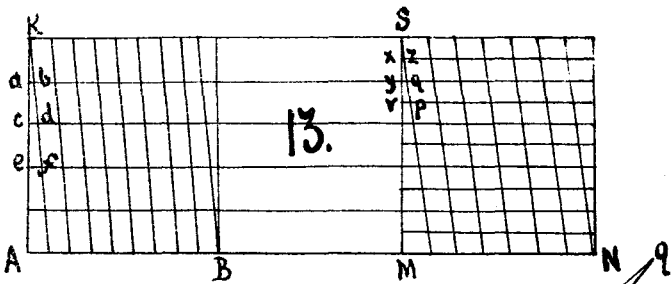
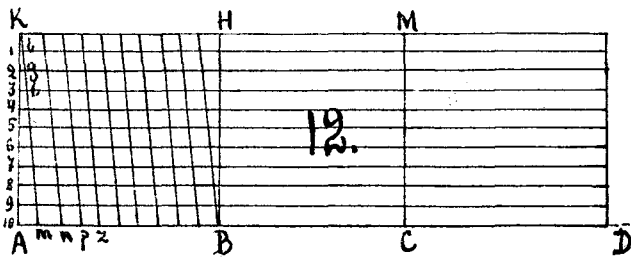
Стран.

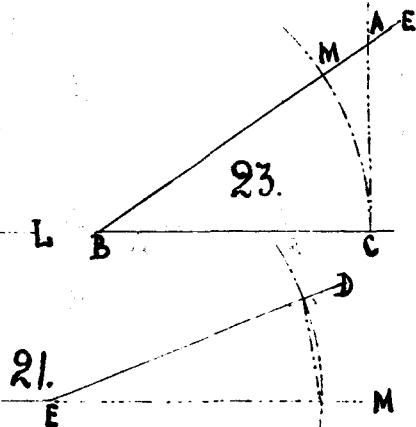
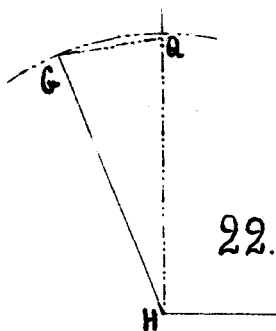
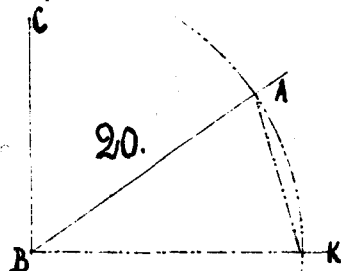
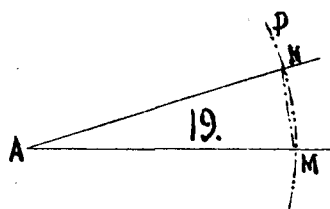
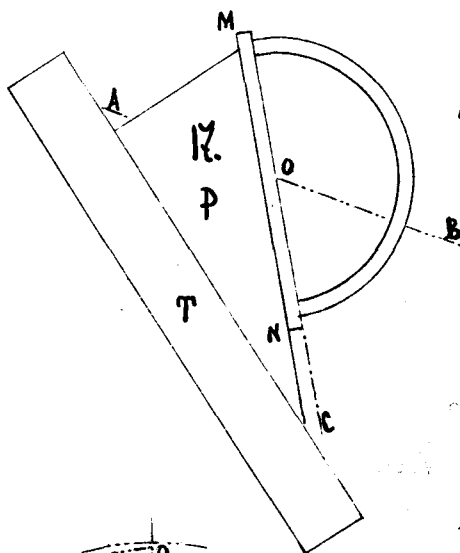
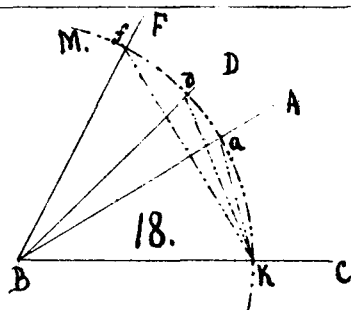
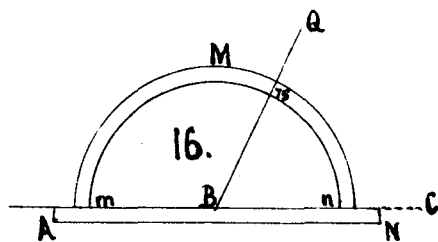
189. Нивелиры съ отвѣсомъ. Ватерпасъ.
191. Нивелиръ съ треугольной доской.
193. Нивелиръ съ колѣнчатой трубкой.
194. Нивелиры съ уровнемъ. Нивелиръ съ діоптрами.
197. Нивелиръ съ зрительной трубой.
201. Топографическое нивелированіе.
202. Простое нивелированіе. Нивелированіе изъ конца стоянія инструмента.
203. Нивелированіе изъ середины стоянія инструмента.
206. Сложное нивелированіе изъ середины стоянія инструмента.
208. Сложное нивелированіе изъ конца стоянія инструмента.
209. Составленіе профиля линіи нивелированія.
216. Поперечное нивелированіе.
218. Нивелированіе пространствъ.
220. Опредѣленіе паденія линіи.
221. Опредѣленіе паденія для промежуточной точки.
222. Планировка поверхностей.
223. Нивелированіе рѣкъ.
224. Опредѣленіе неровностей дна озера или пруда.
225. Устройство насыпей.
227. Краткій очеркъ способовъ орошенія и осушенія земель.
230. Проектированіе канавъ по нивелировочному плану.
233. Направленіе канавъ и соединеніе ихъ между собою.
235. Вычисленіе объемовъ выемки земли изъ канавъ.

1.

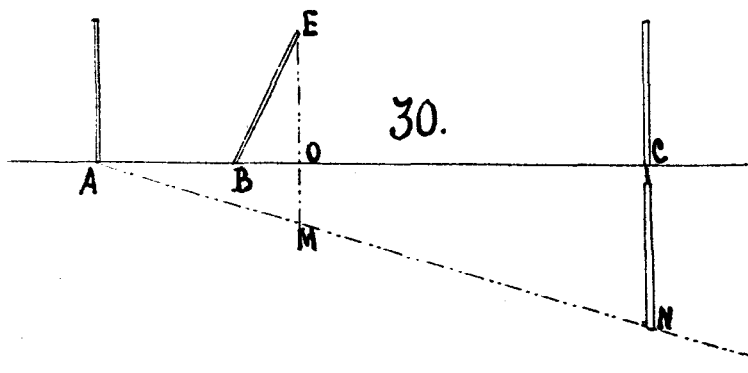
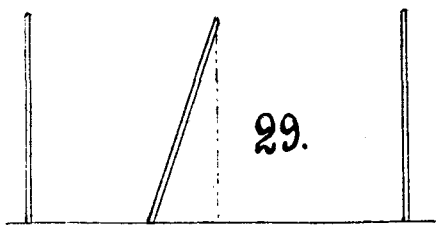
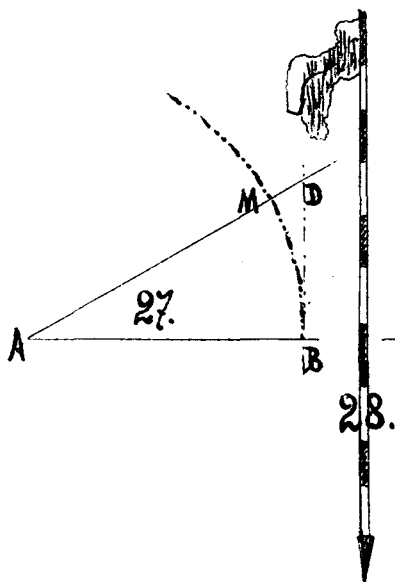
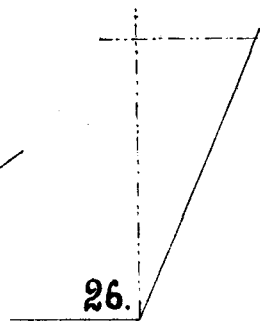
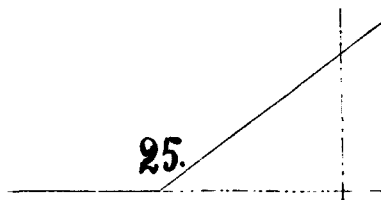
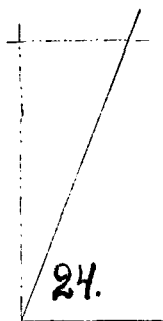


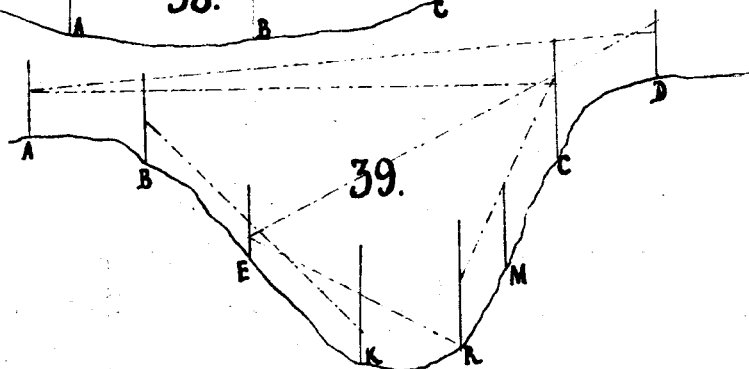
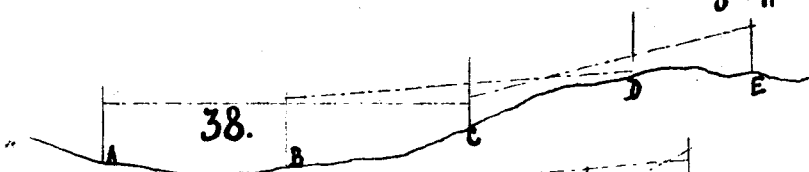
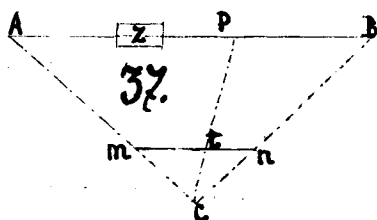
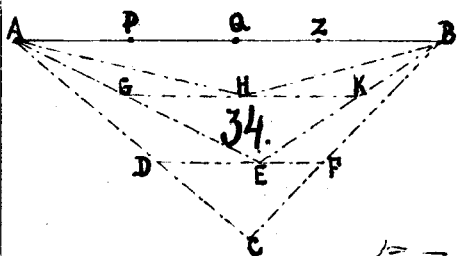
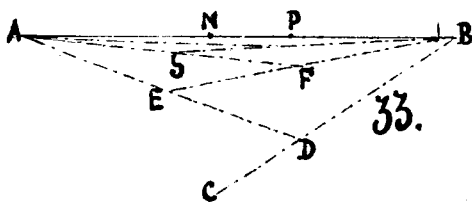
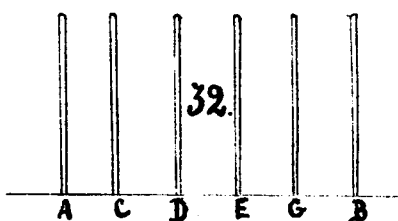
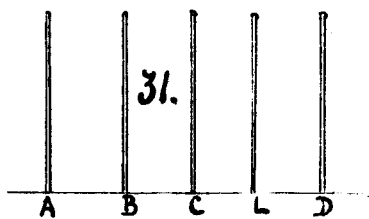
2.

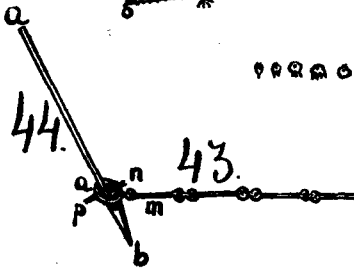
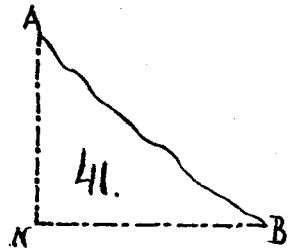
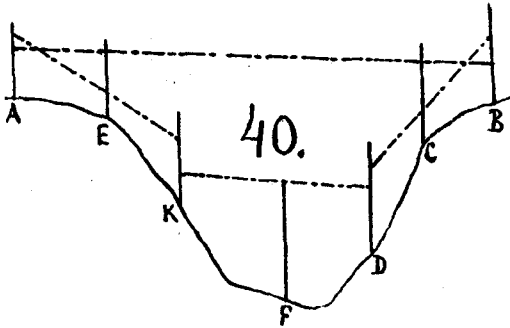




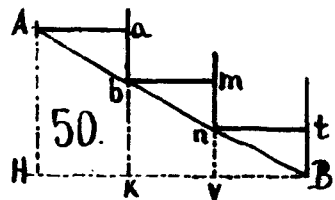
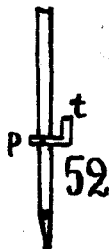
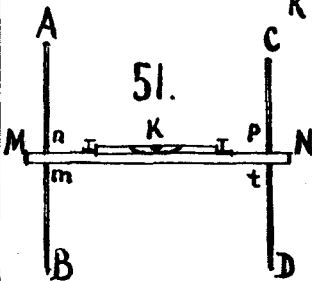
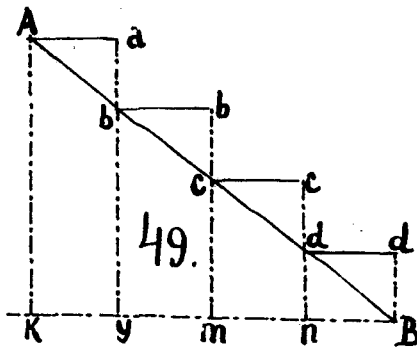
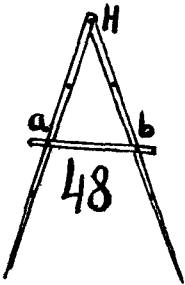
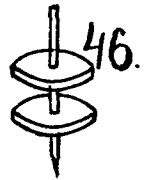
4.

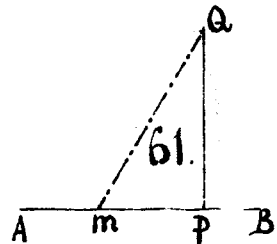
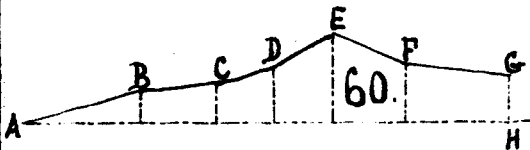
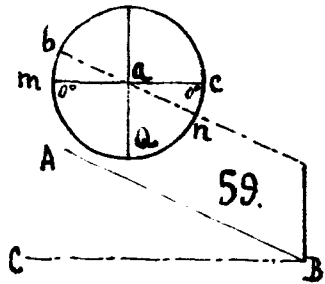
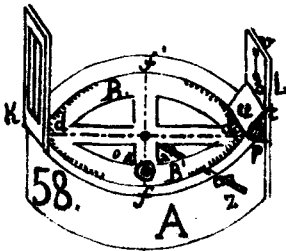
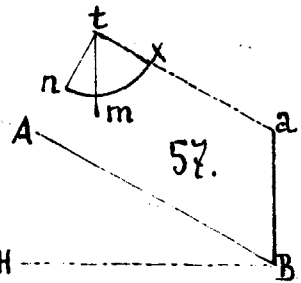
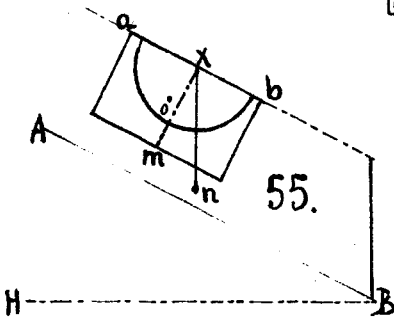
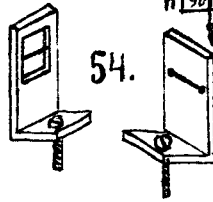
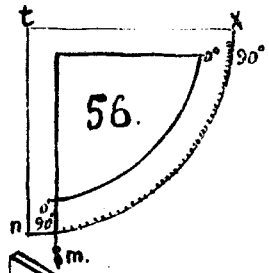
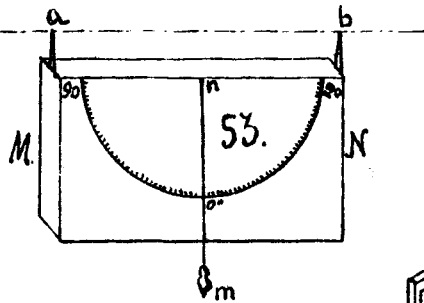


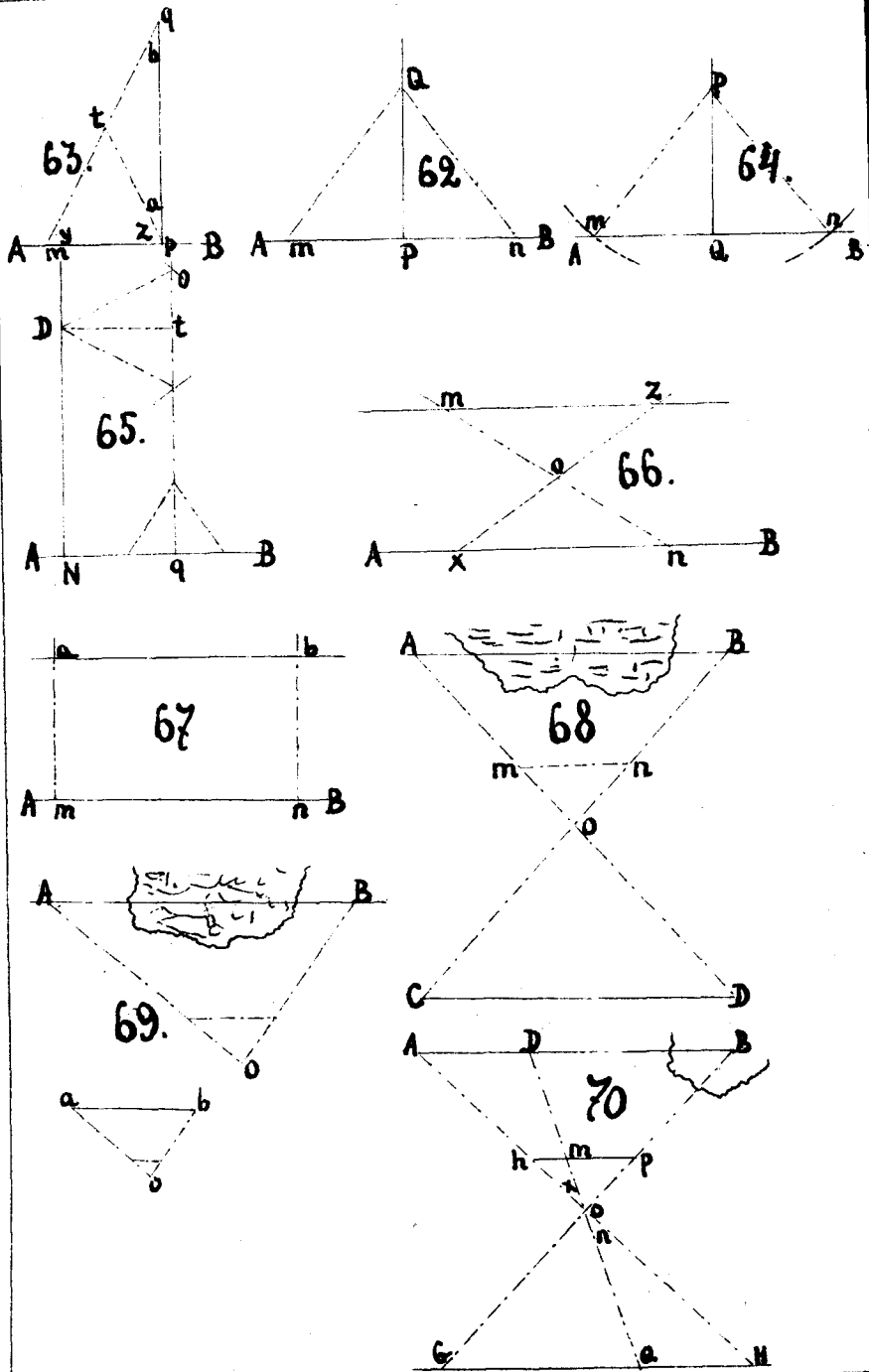


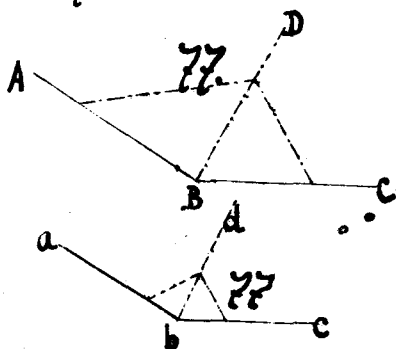


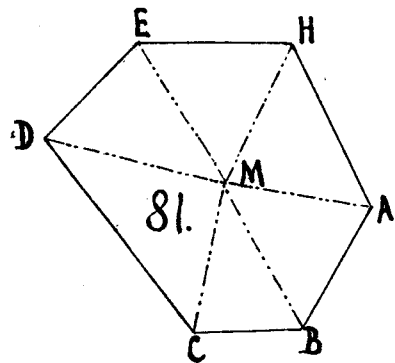
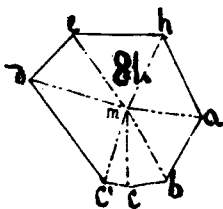
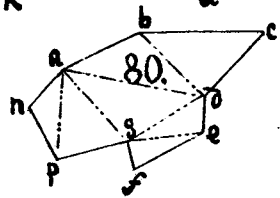
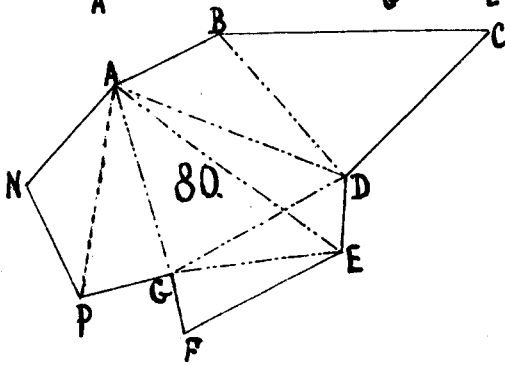
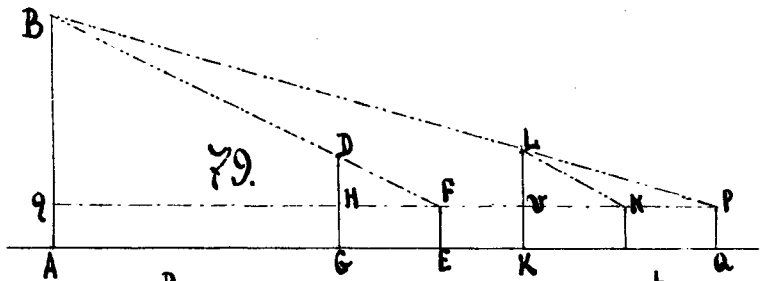
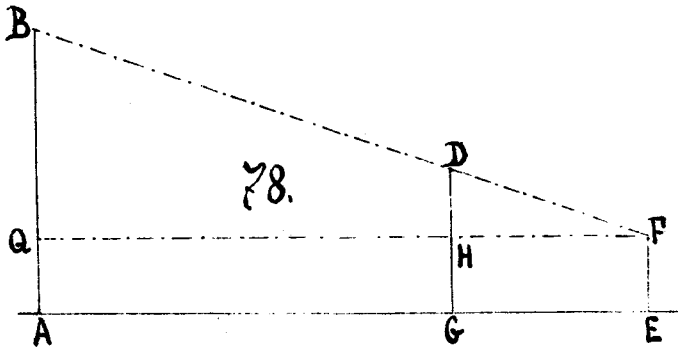
○○○○○

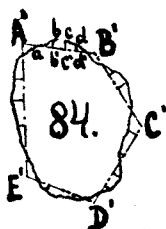
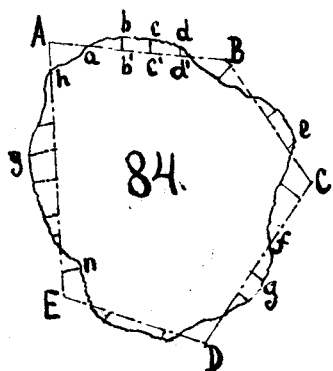
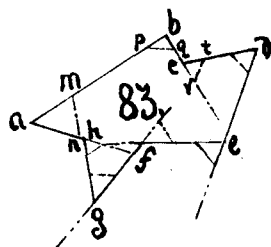
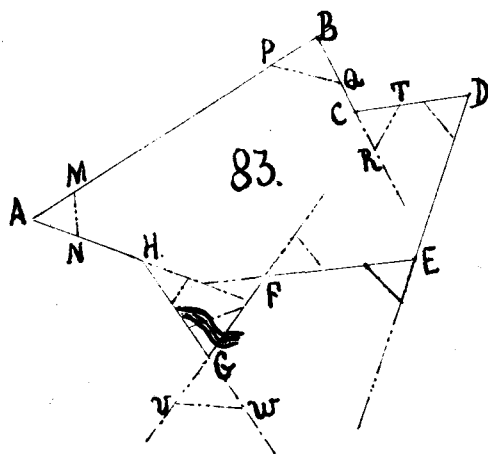
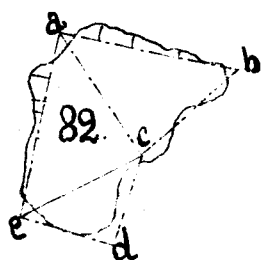
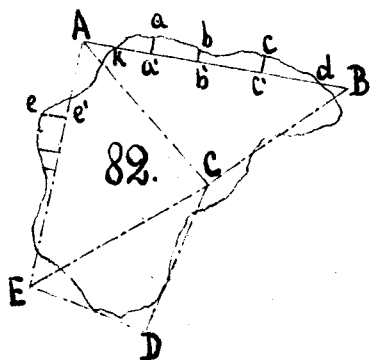


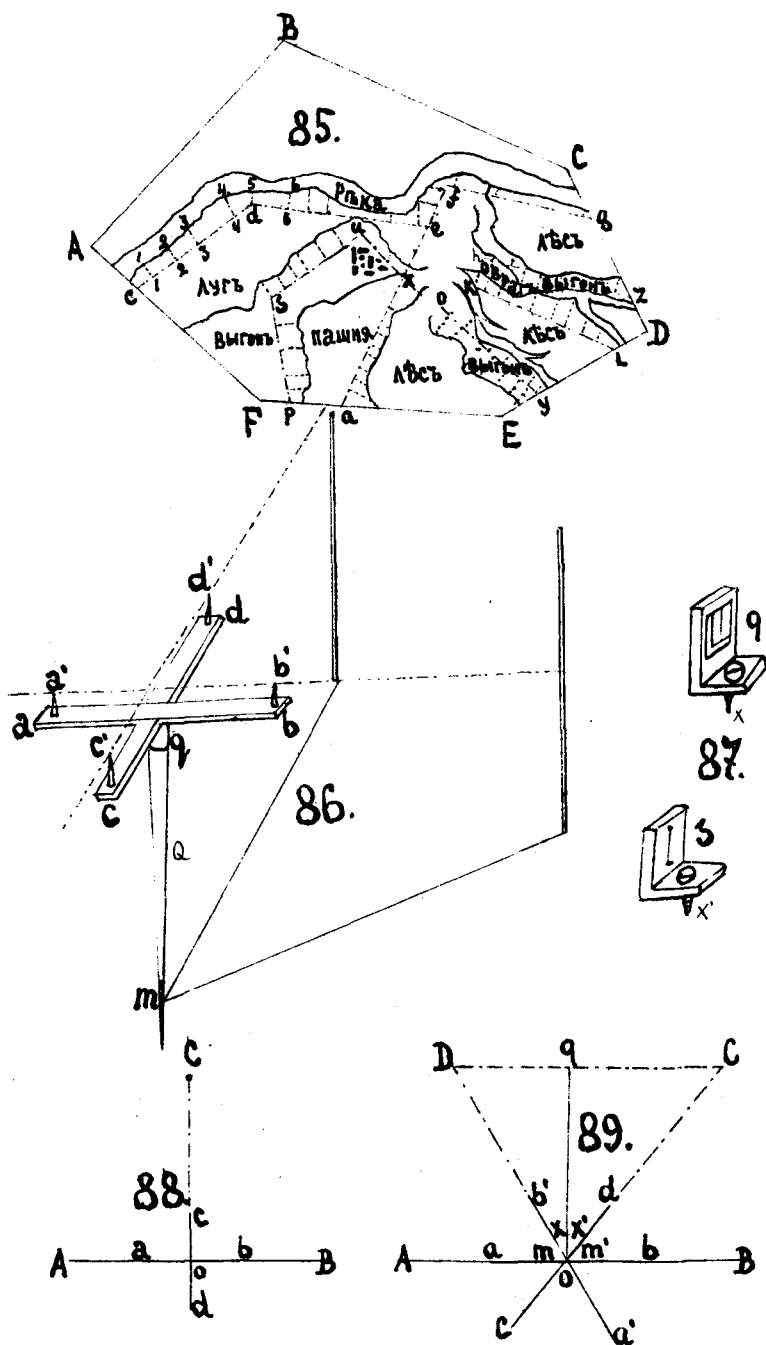


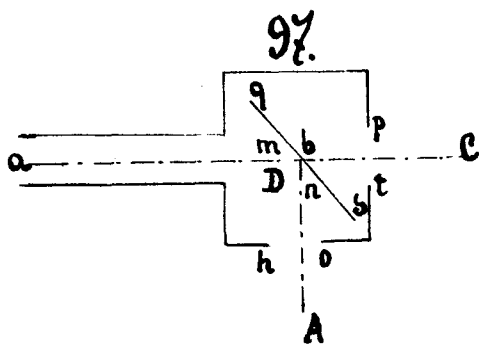
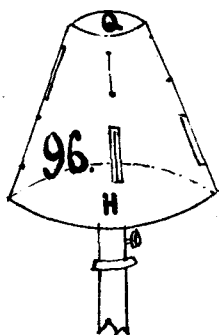
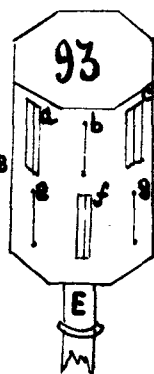
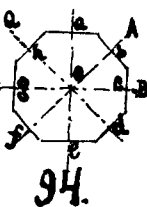
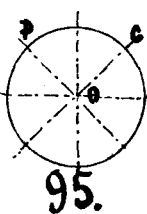
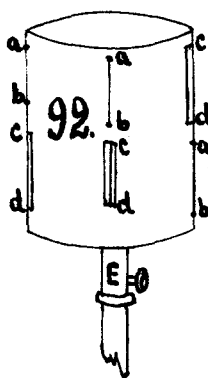
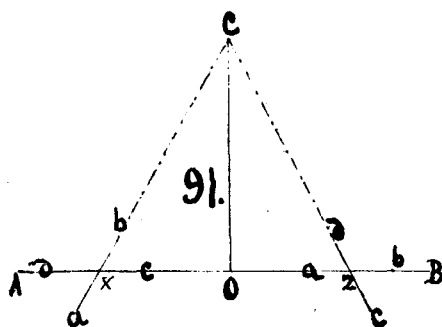
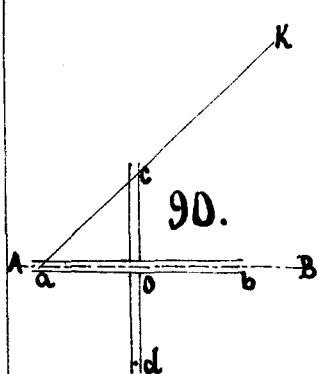


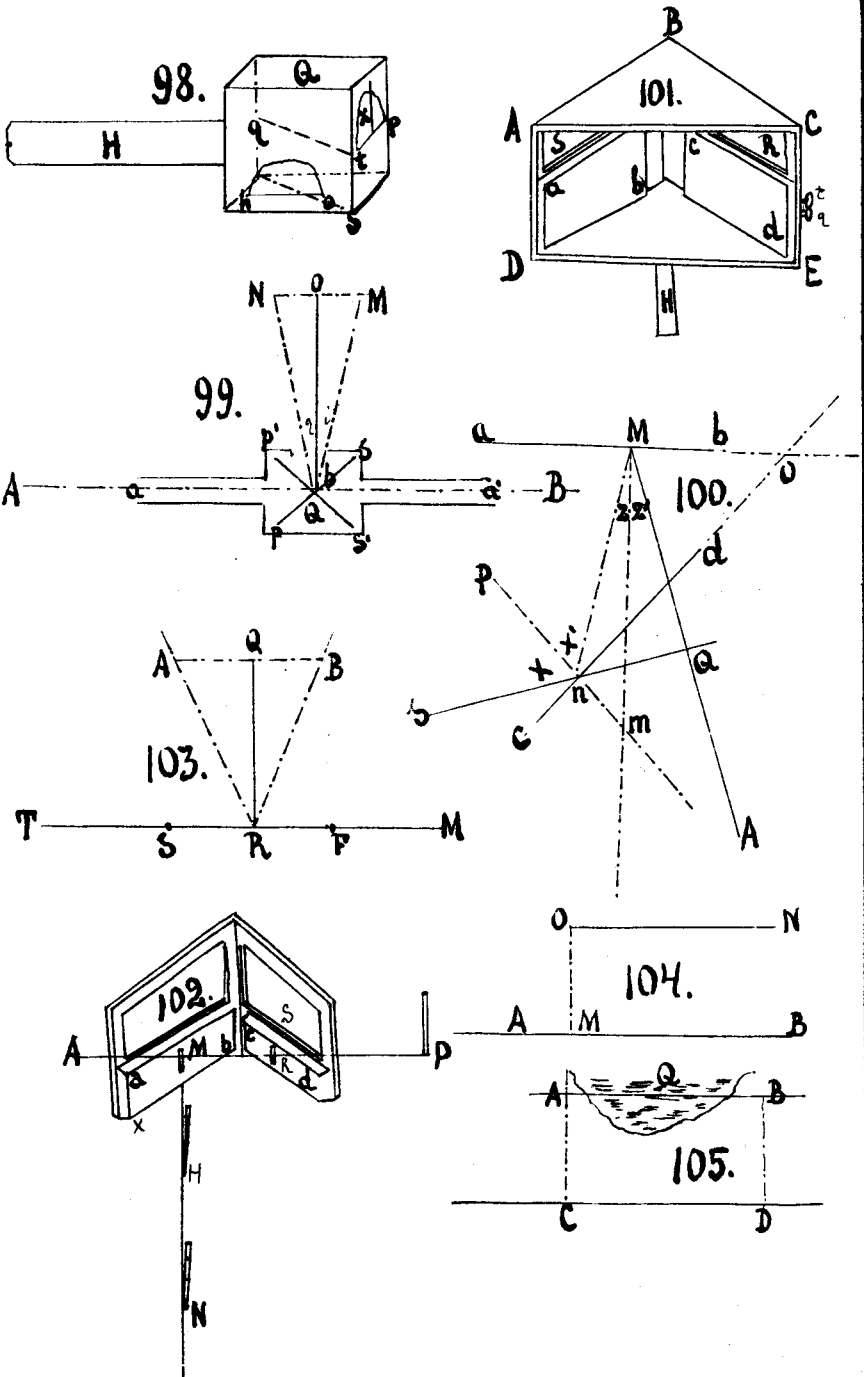


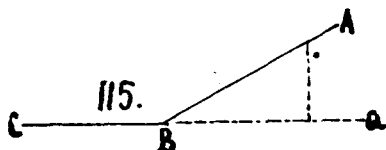
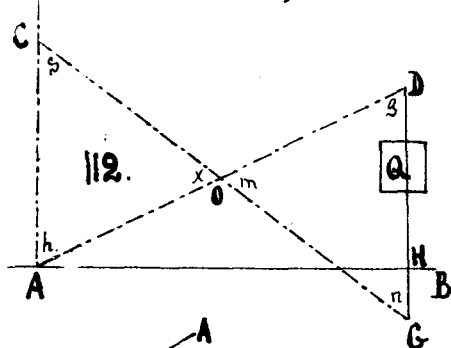
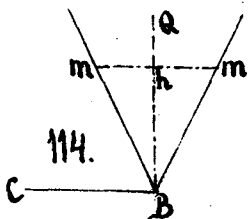
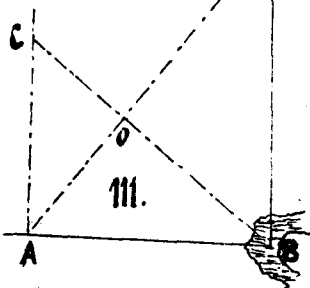
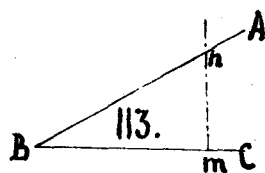
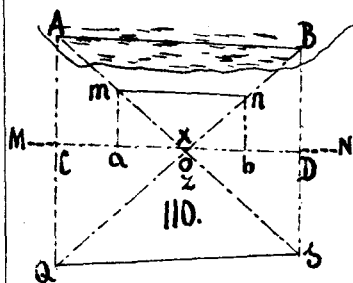
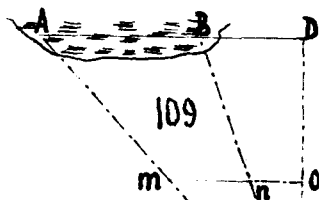
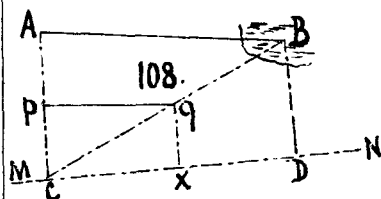
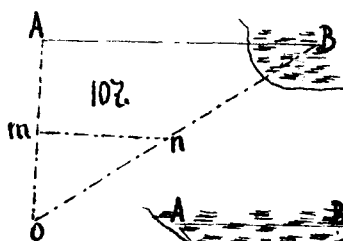
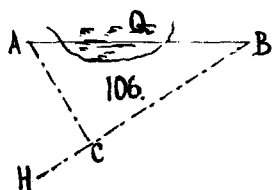


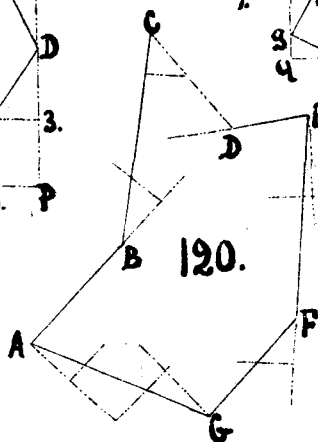
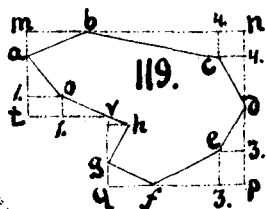
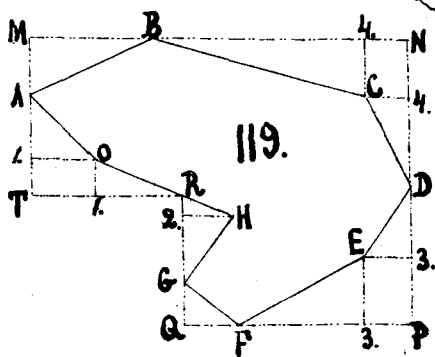
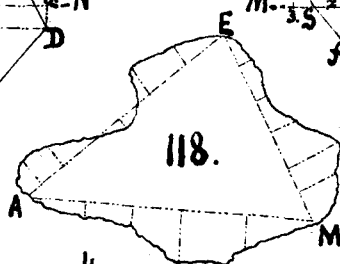
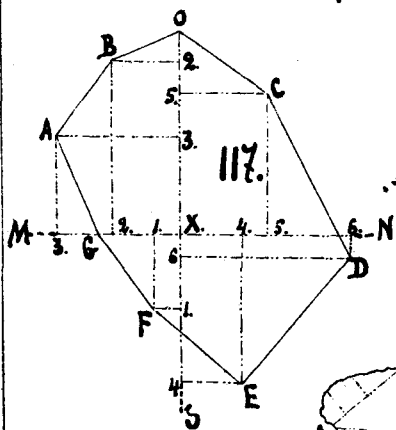
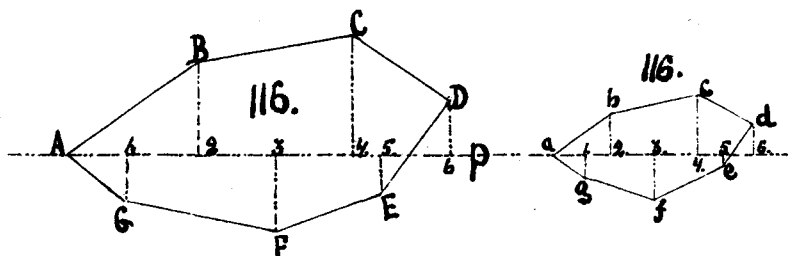


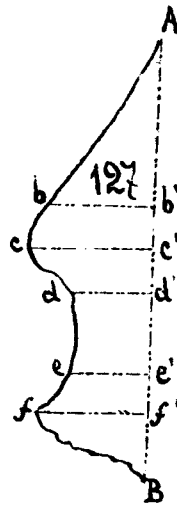
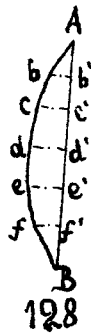
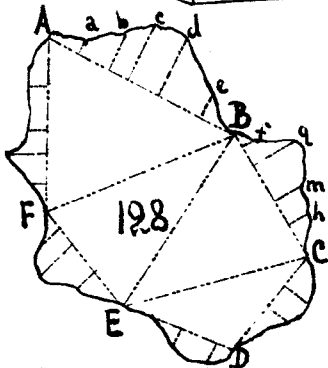
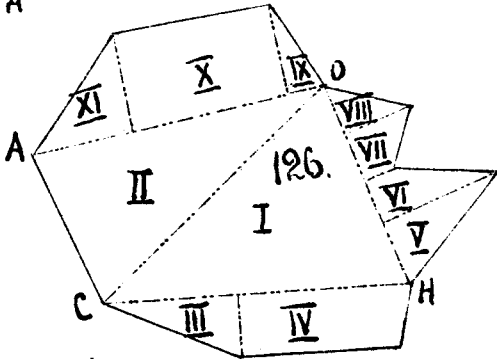
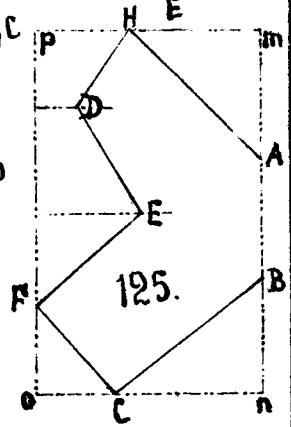
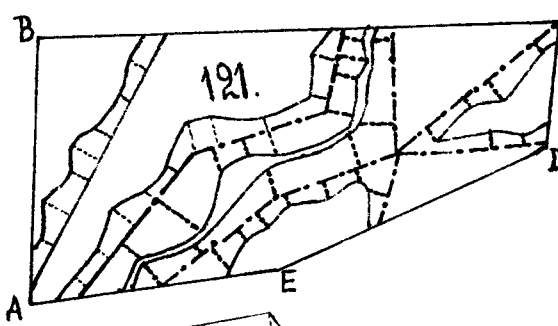
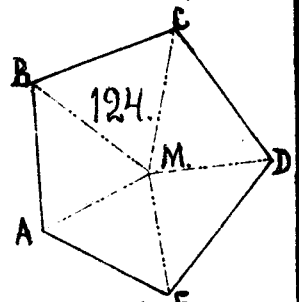
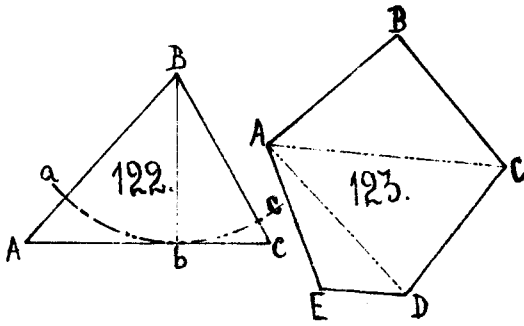


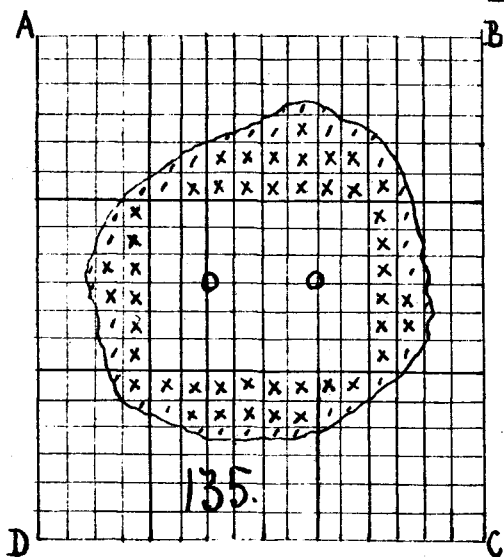
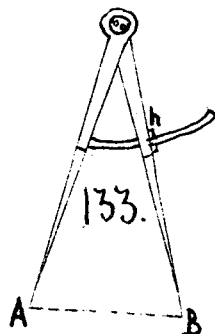
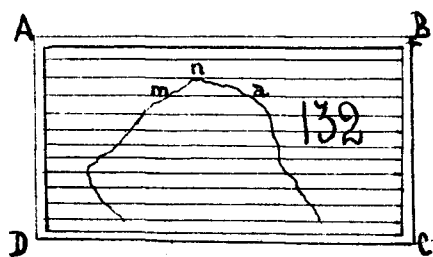
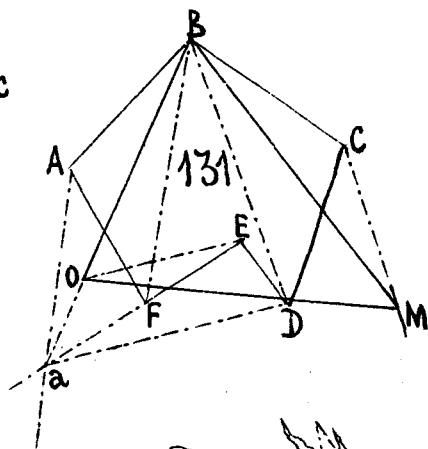
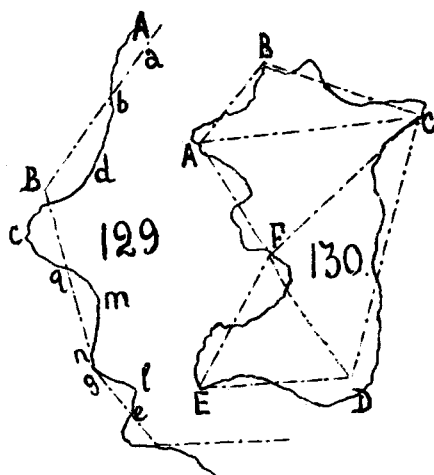


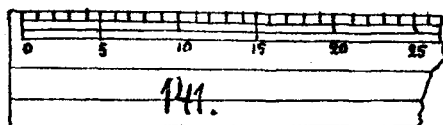
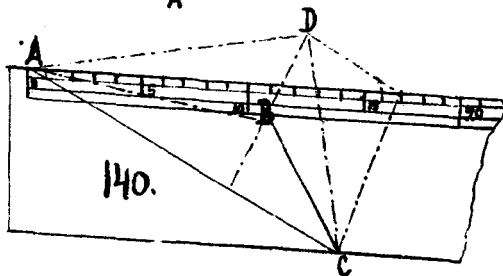
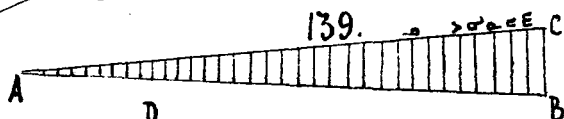
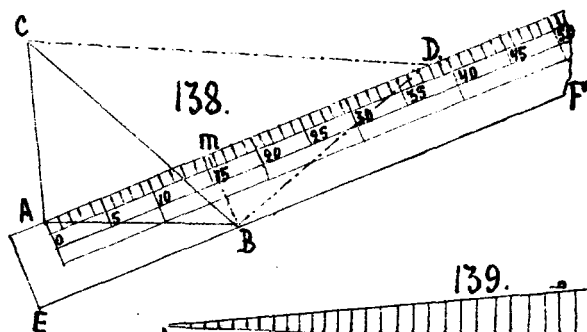
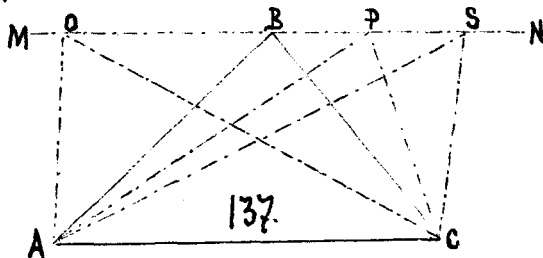
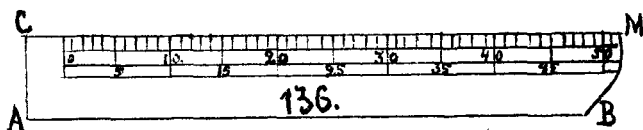


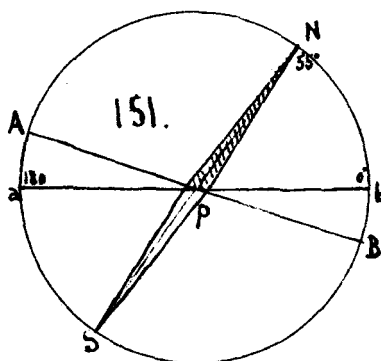
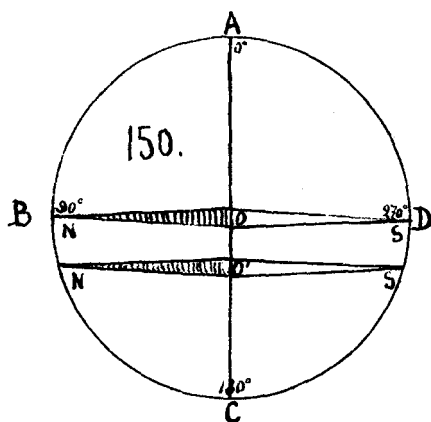
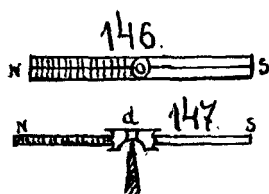
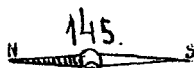
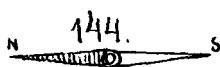
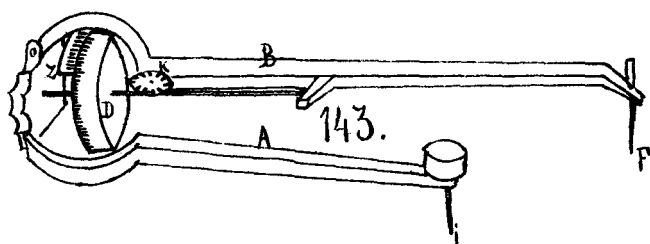
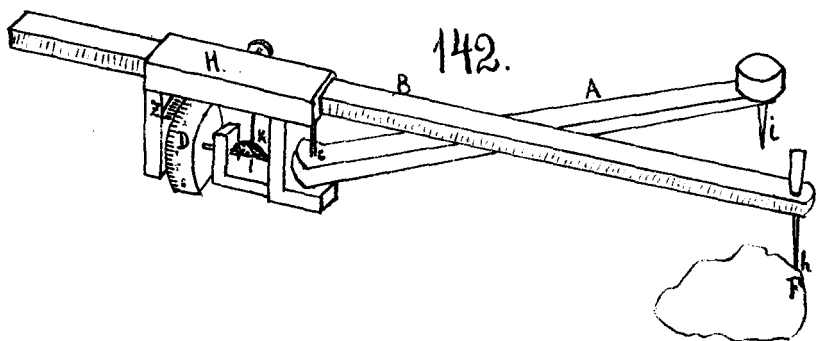






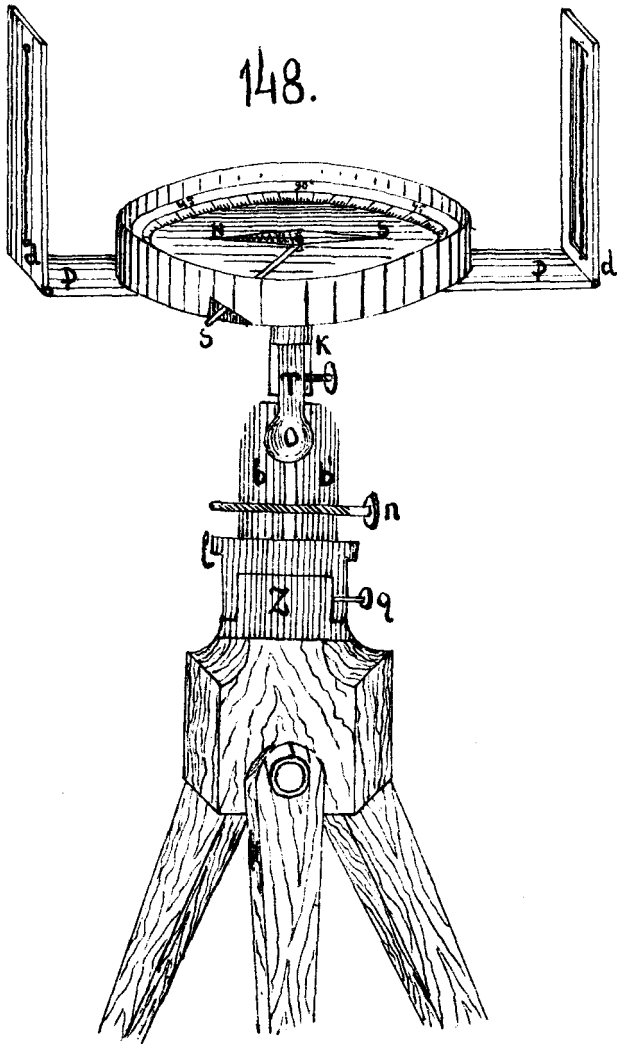


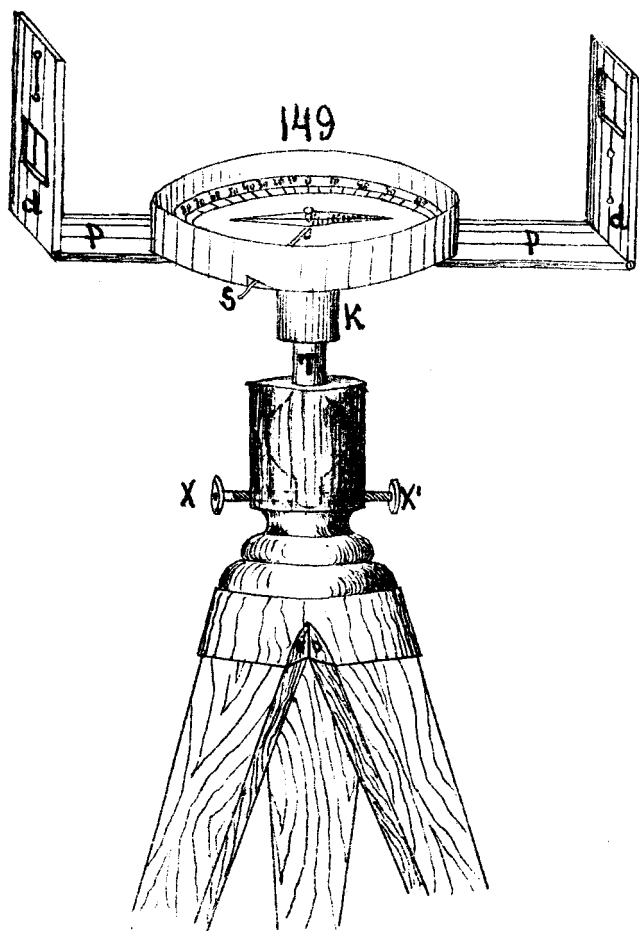


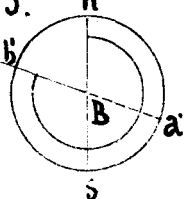
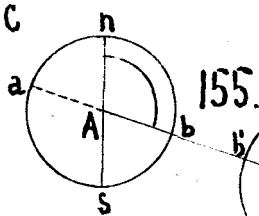
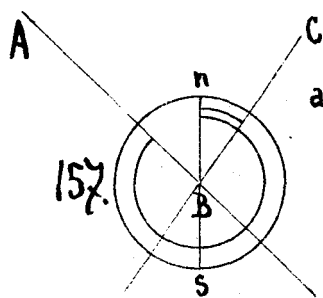
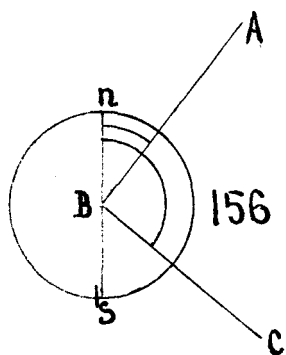
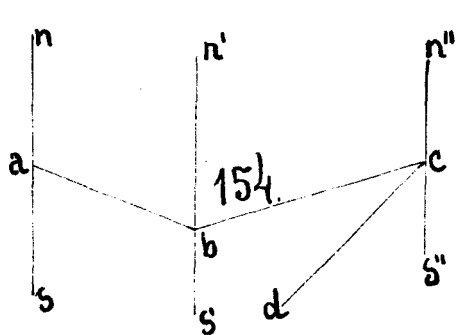
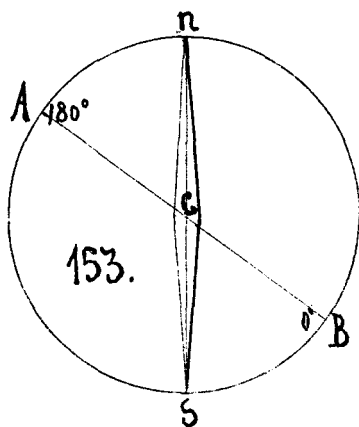
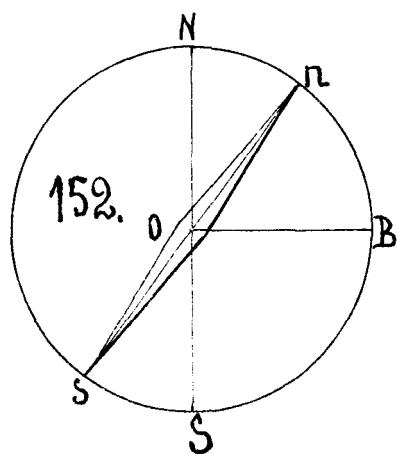


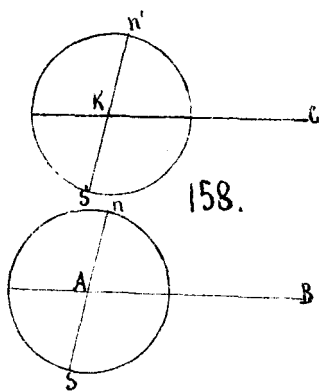
21.

148.

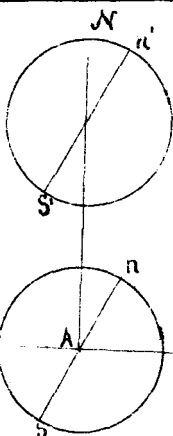




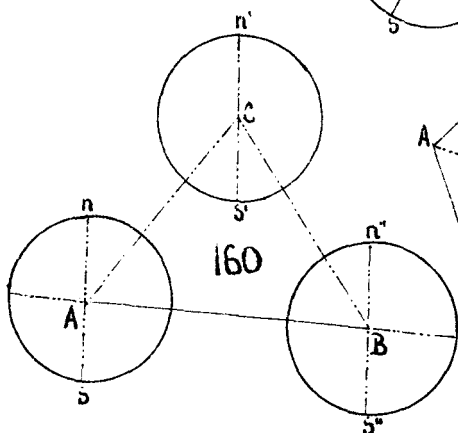




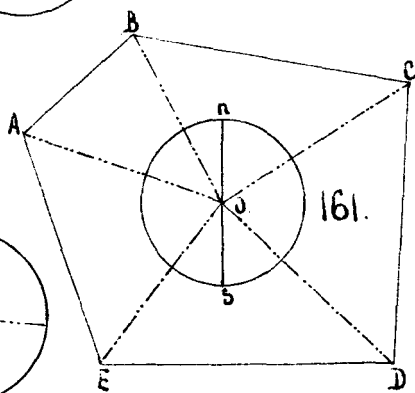
158.



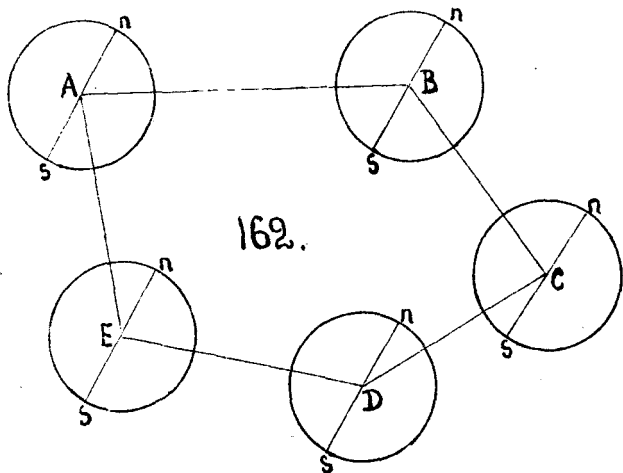
159.



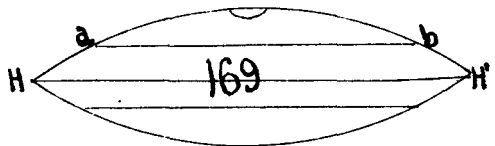
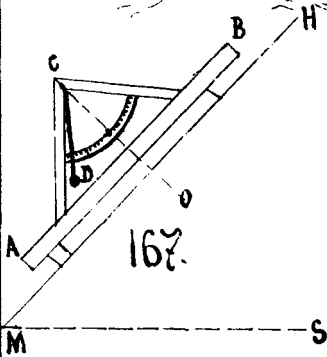
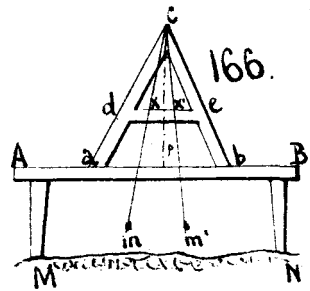
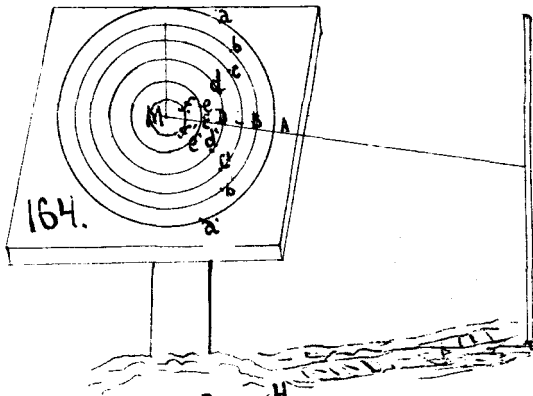
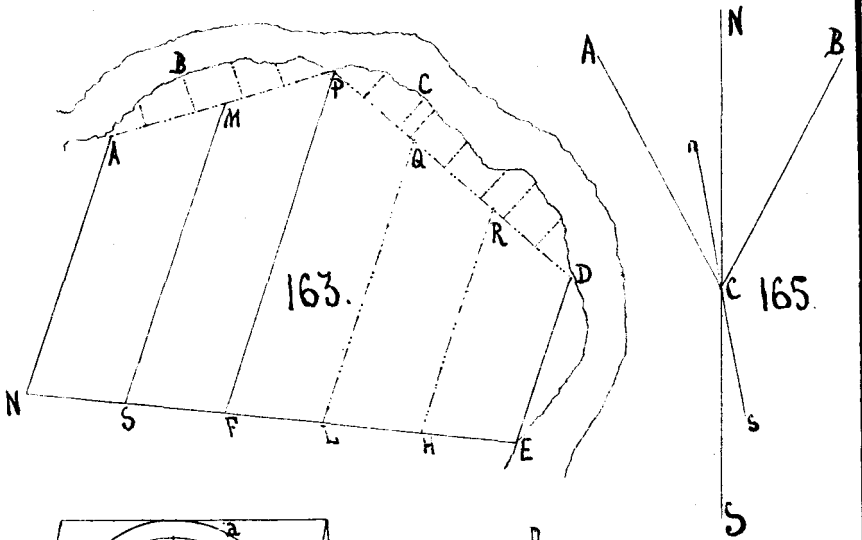
160



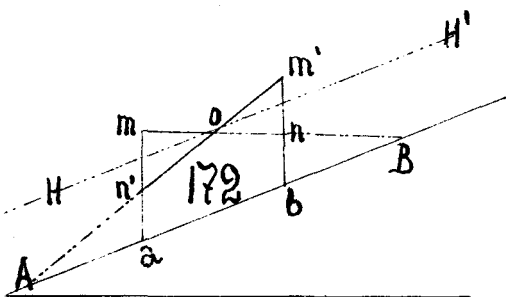
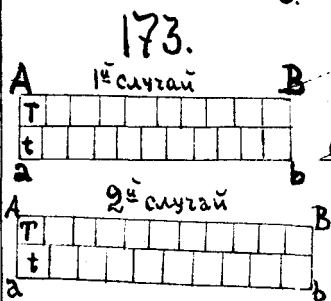
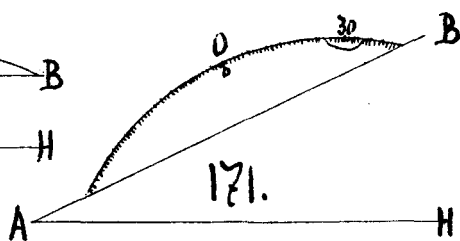
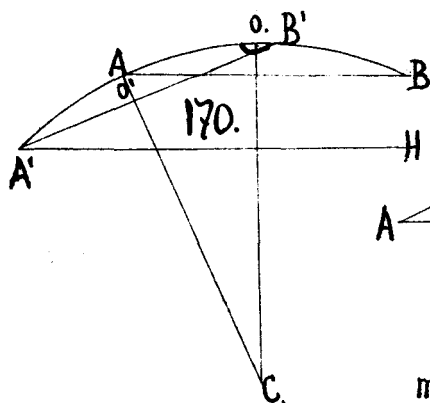
161.



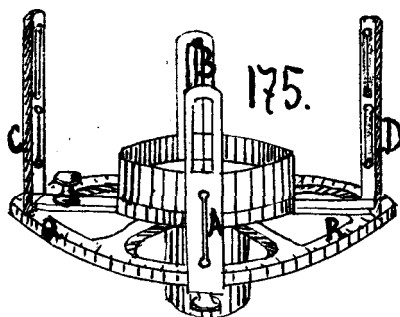
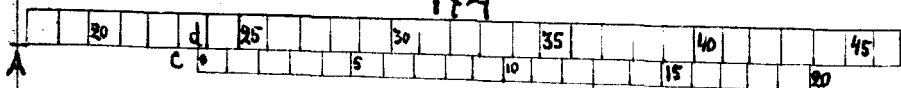
162.



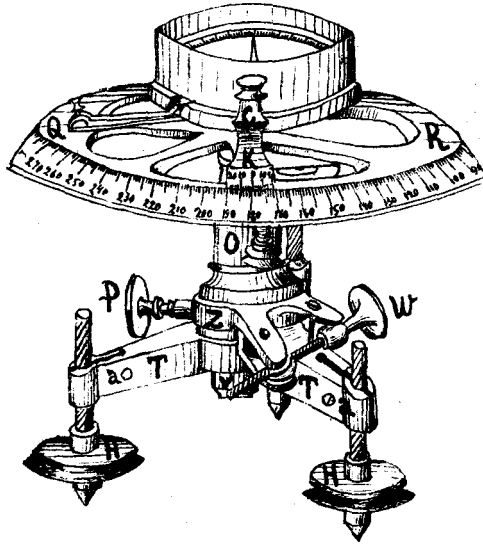
26.



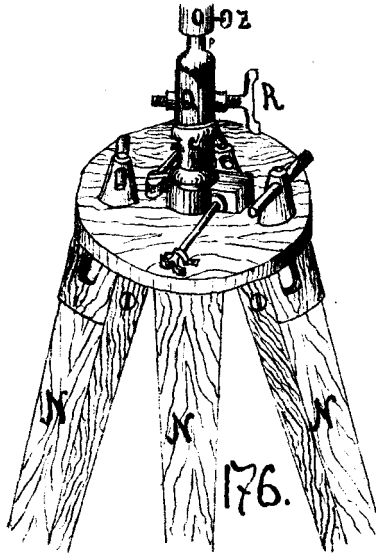
174

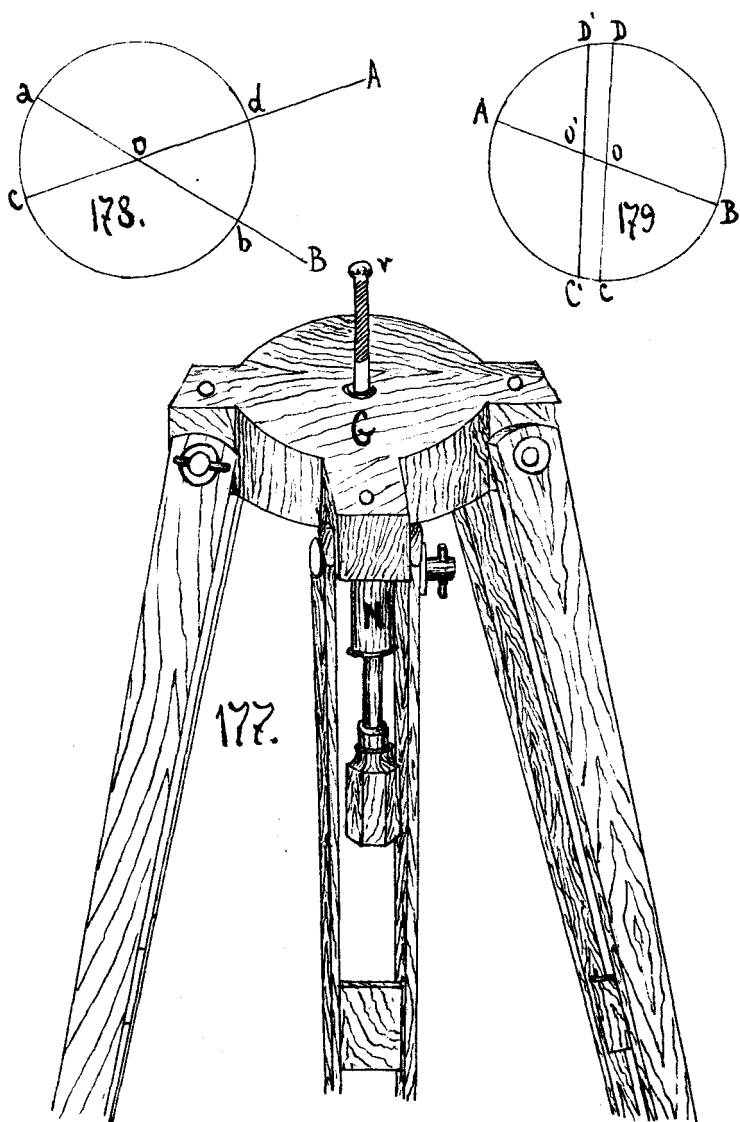


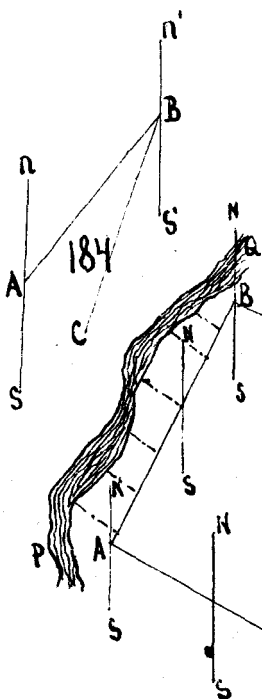
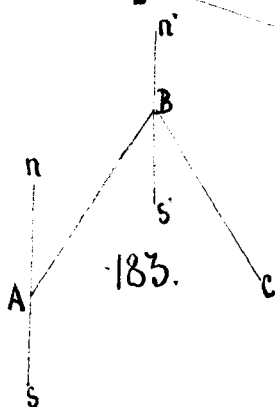
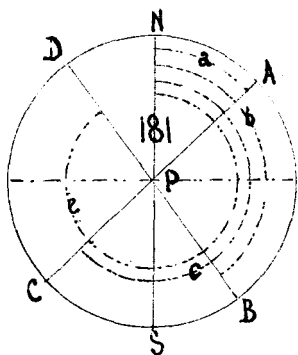
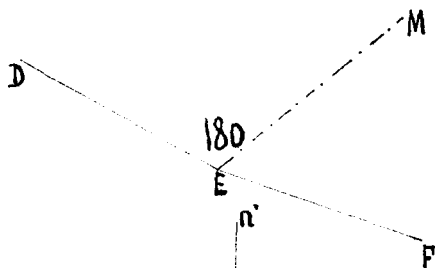
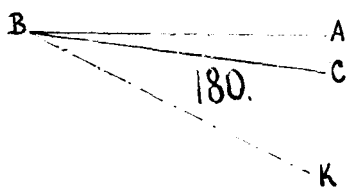
175.
D



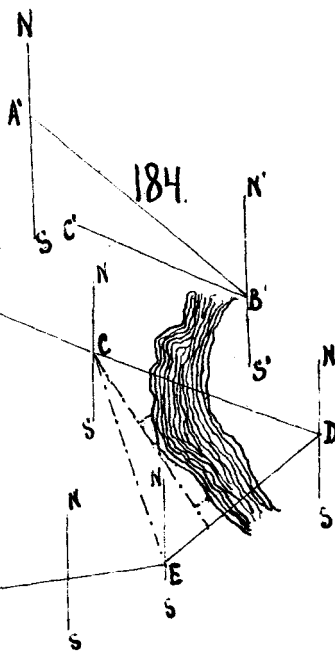
176.

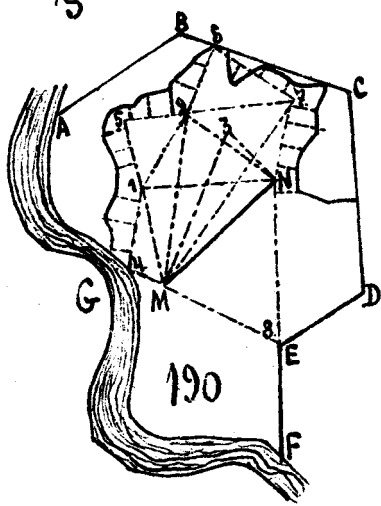
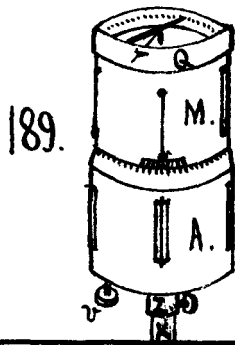
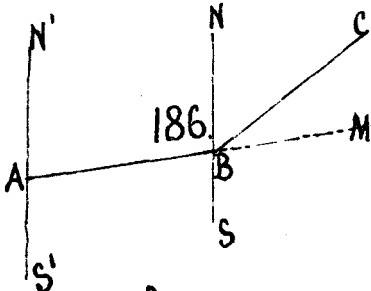
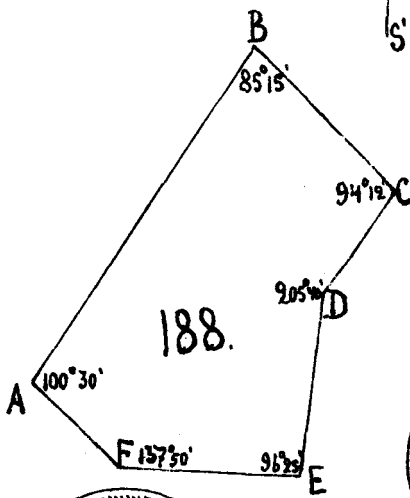
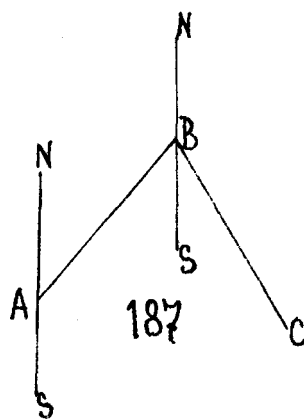
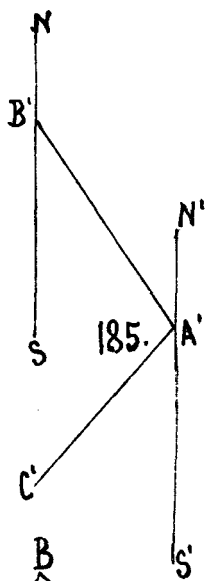
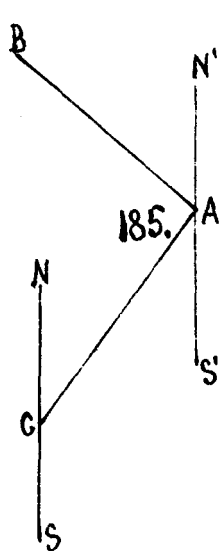


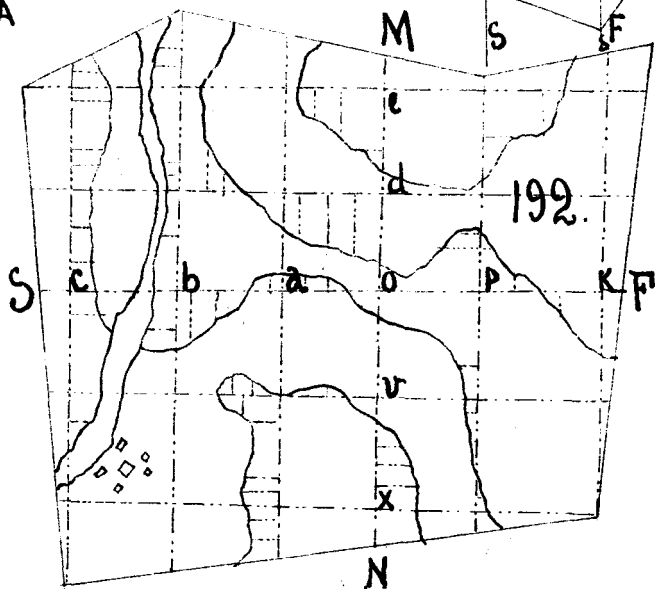
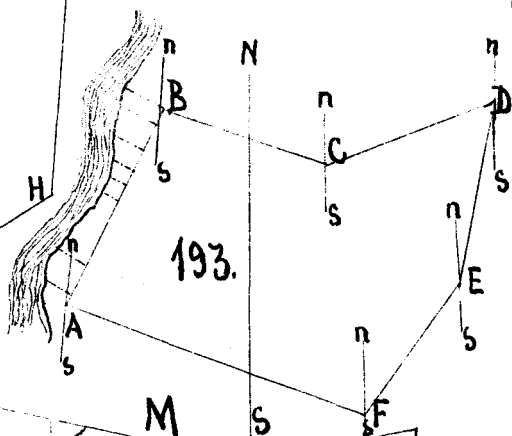
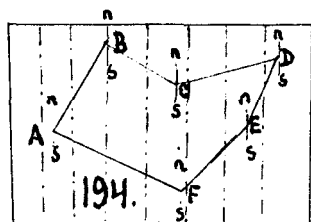
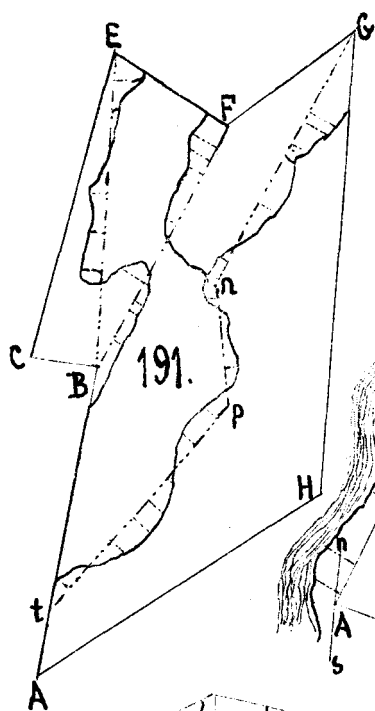


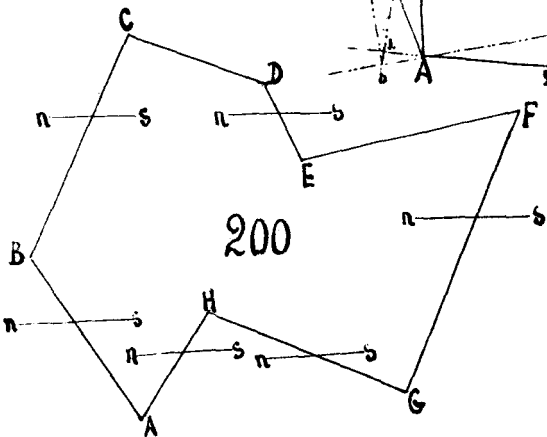
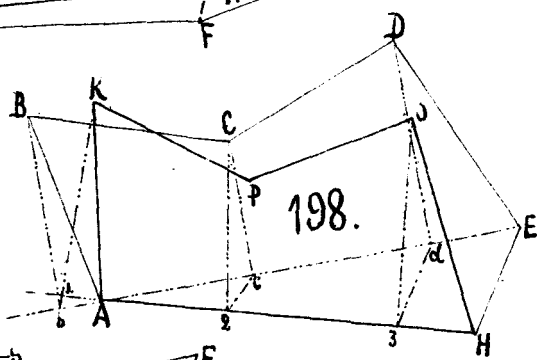
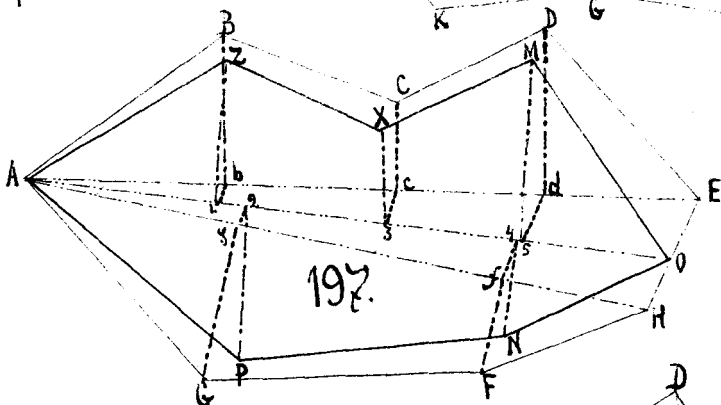
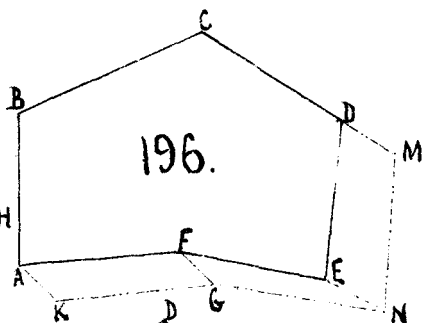
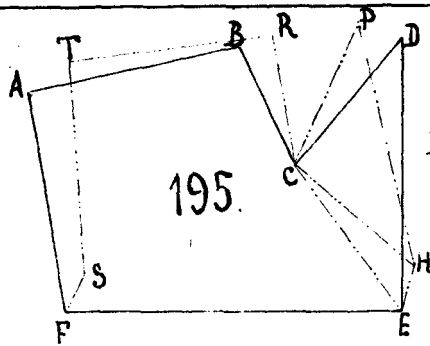


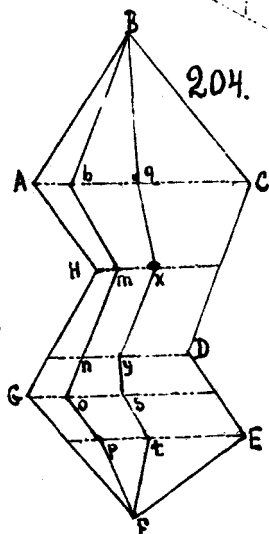
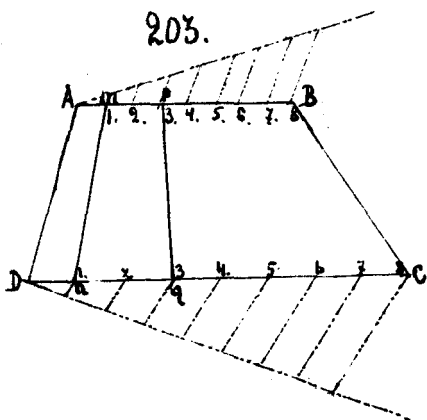
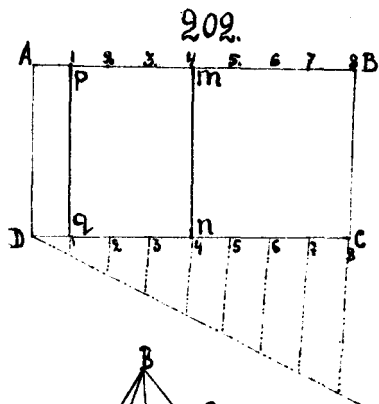
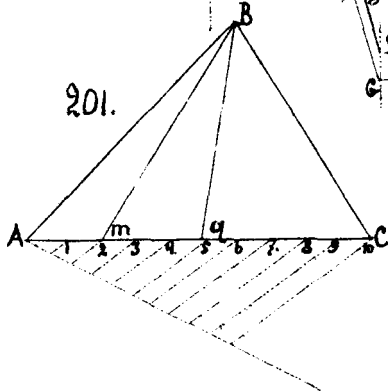
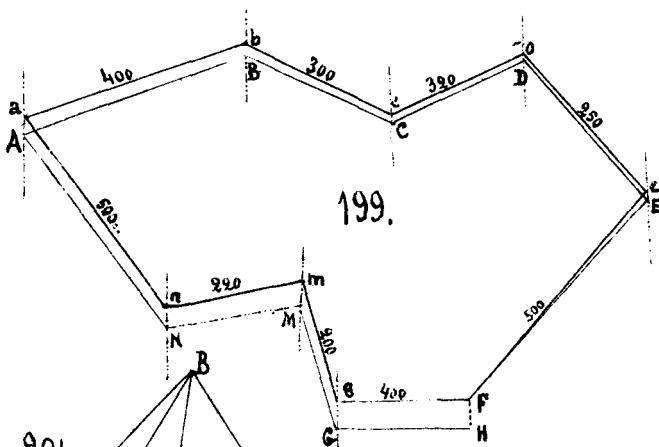
182.

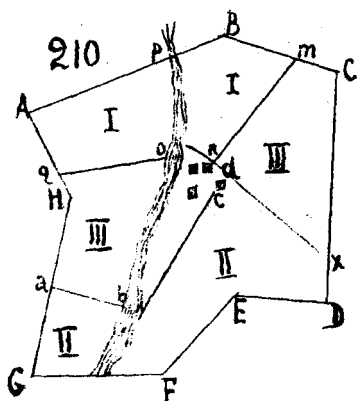
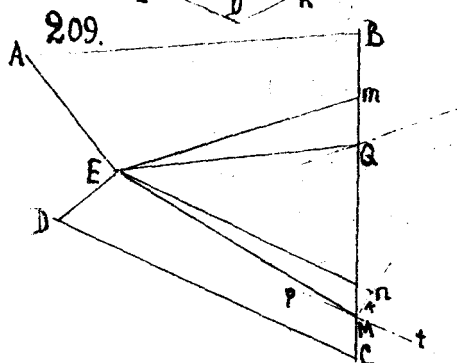
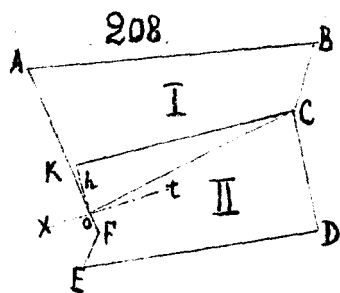
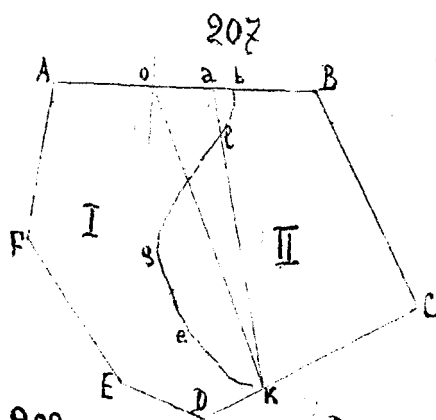
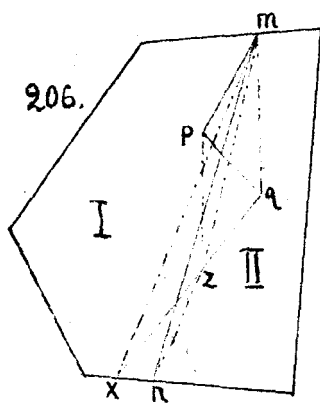
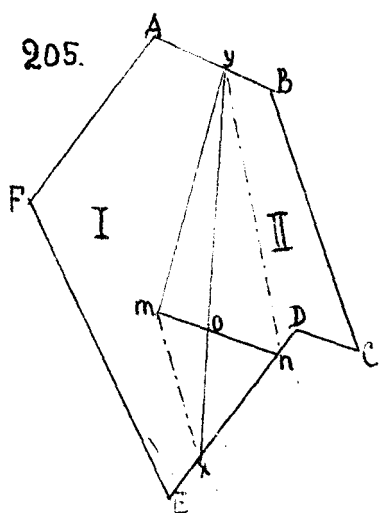




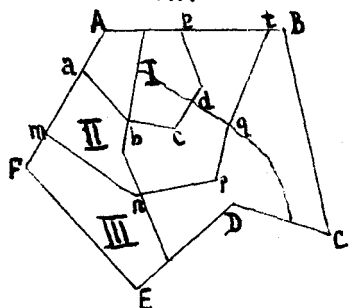




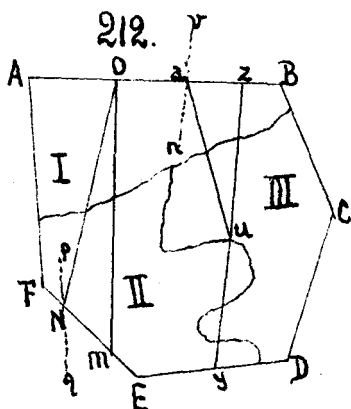




211.



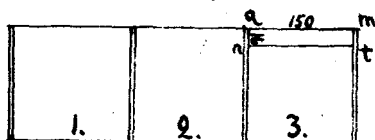
212.



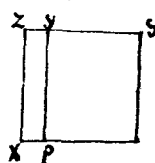
213.

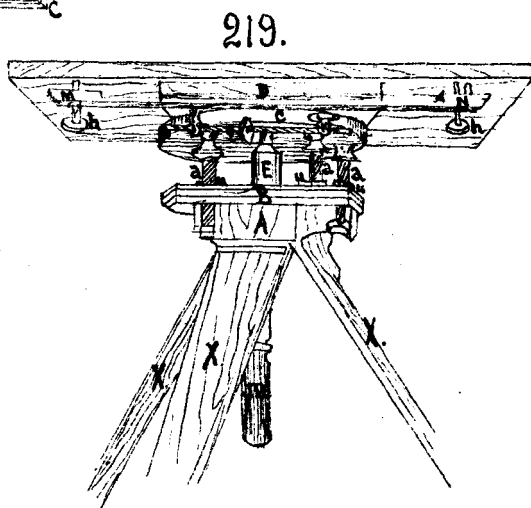
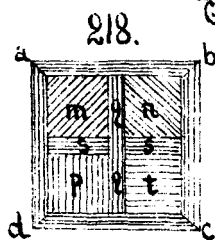
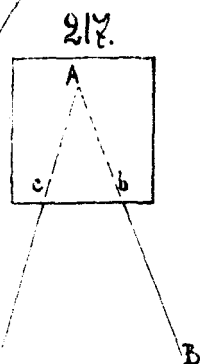
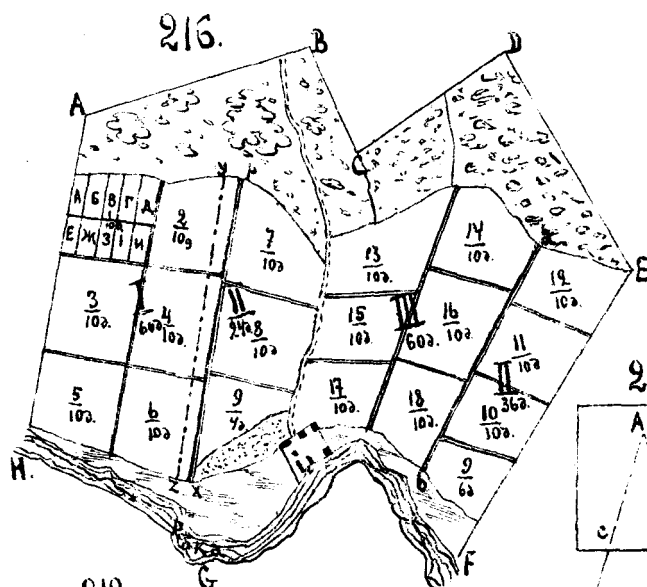


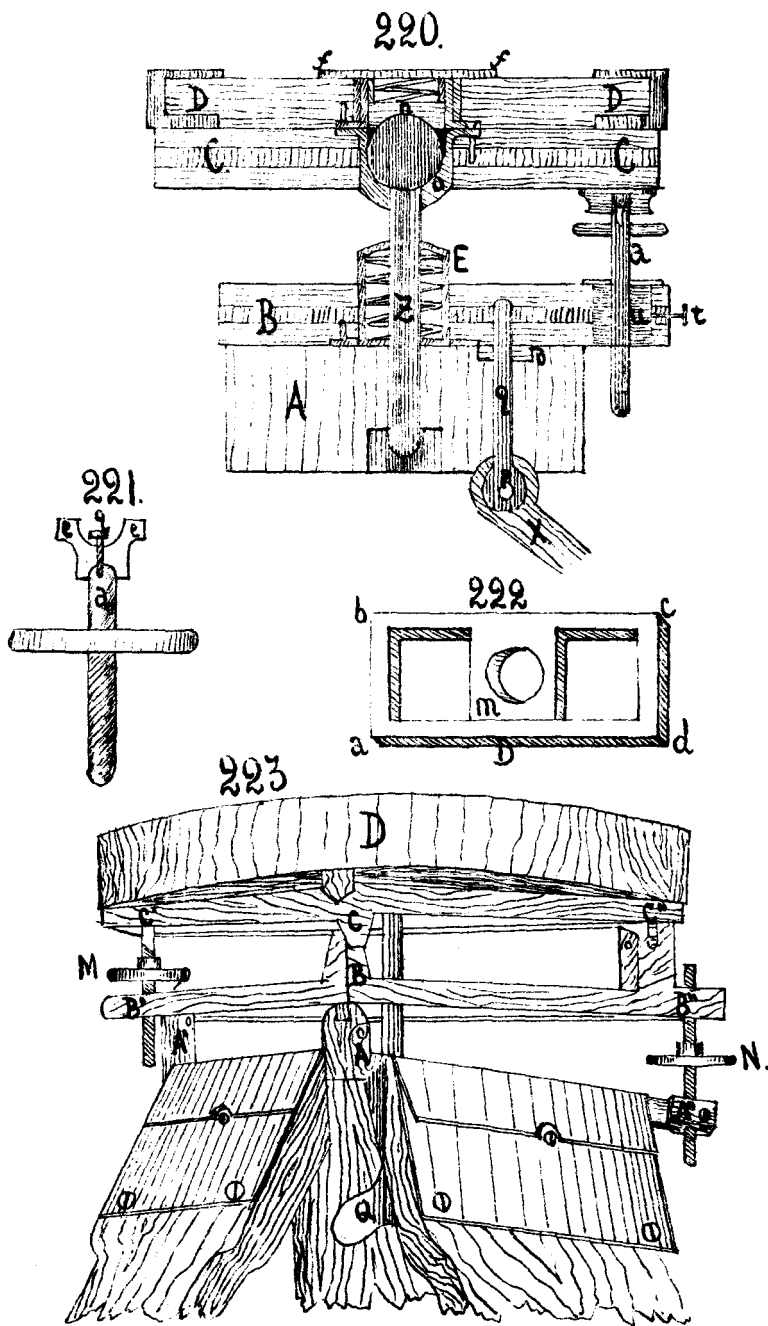
214.

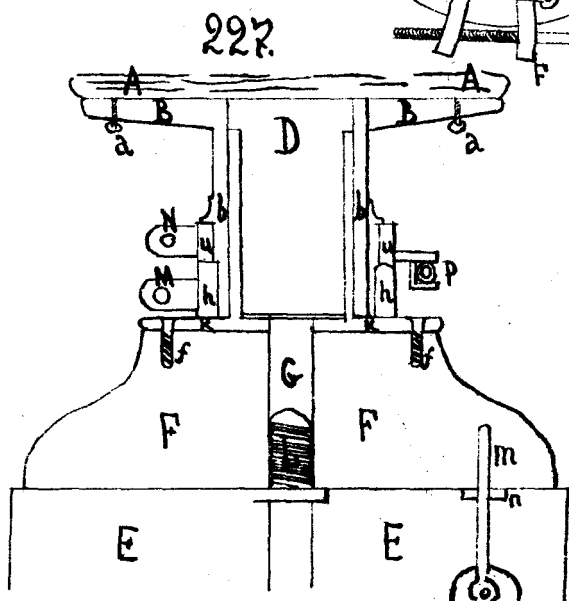
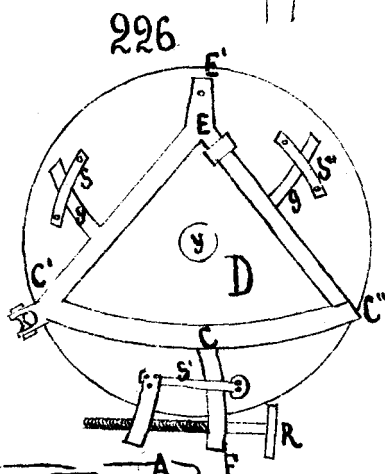
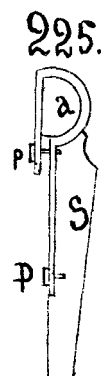
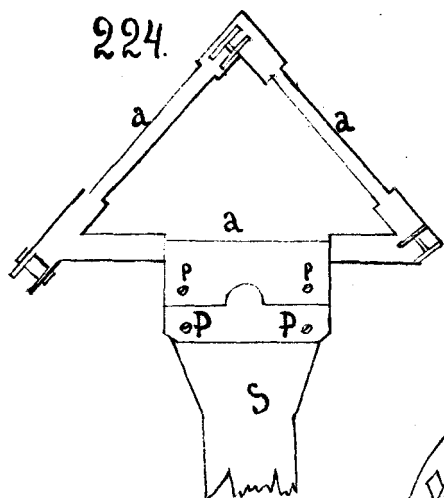


215

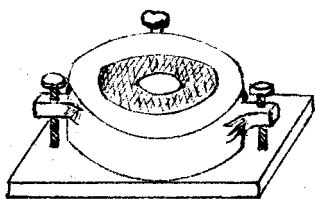




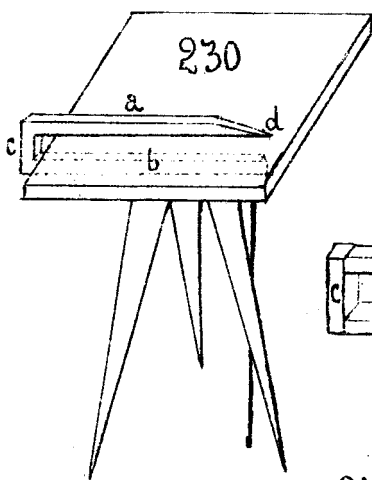




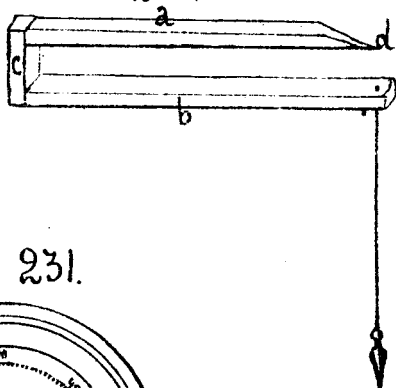
228.



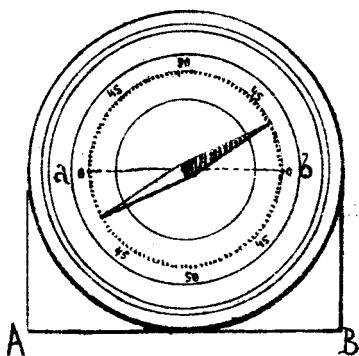
228.



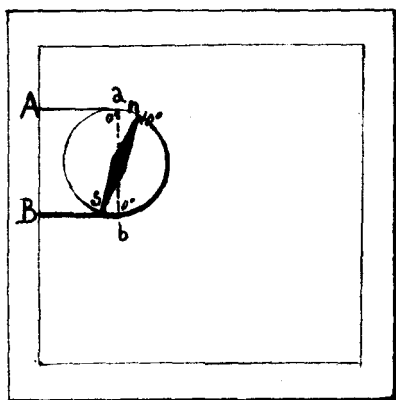
229.



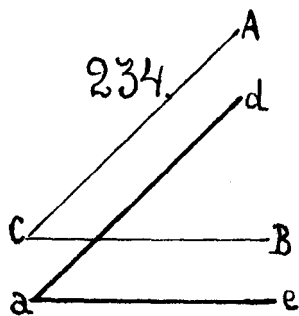
231.



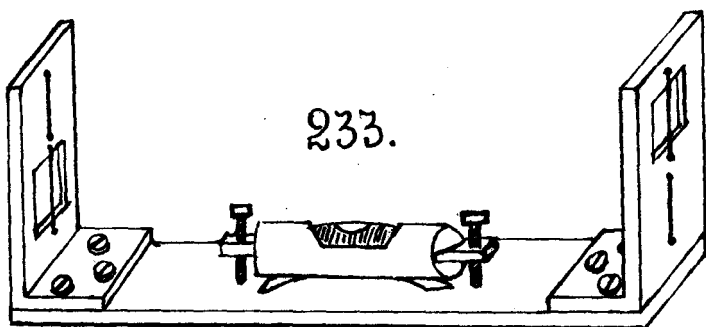
232.



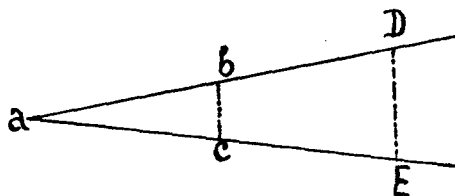
234.

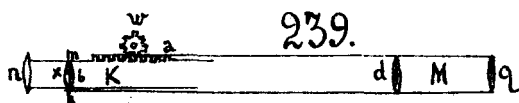
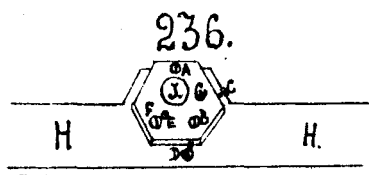
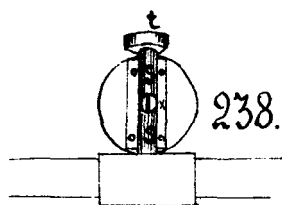
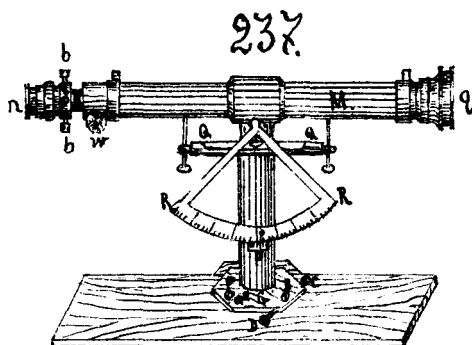


233.



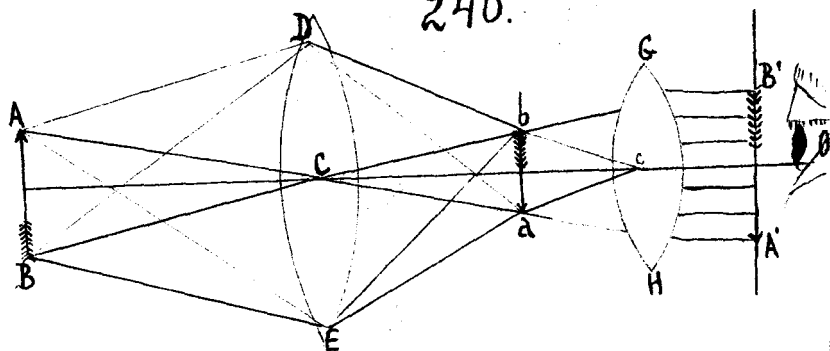
235.



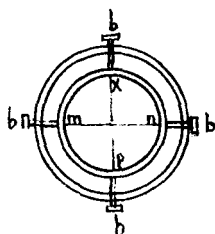


42.

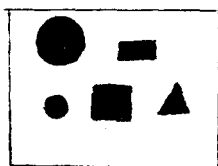
240.



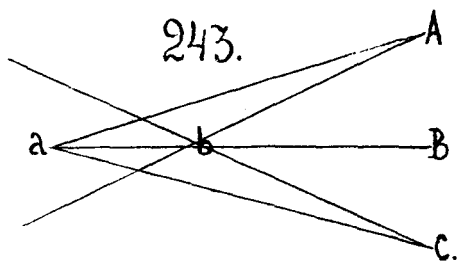
241.

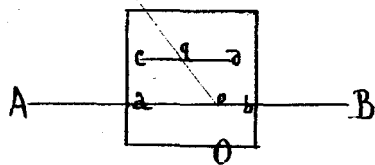
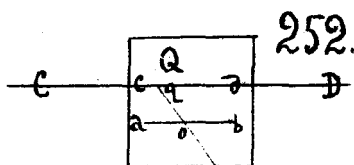
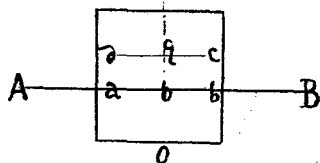
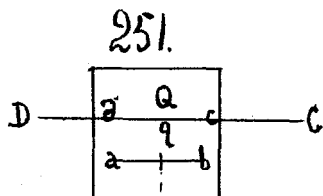
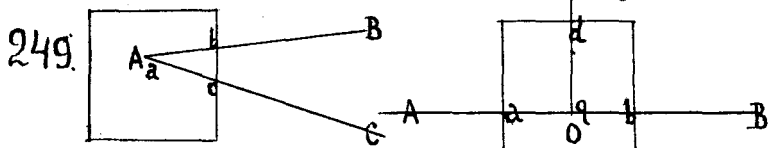
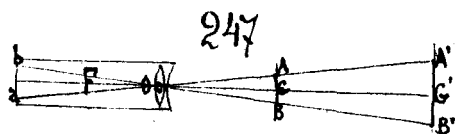
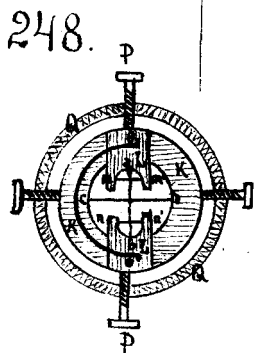
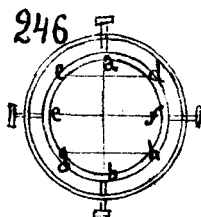
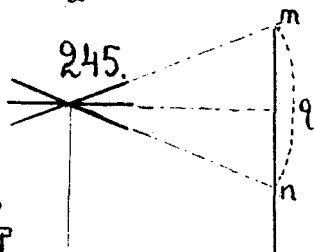
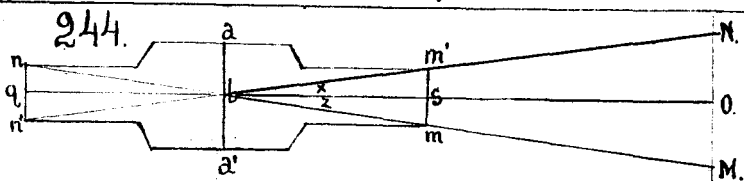


242.

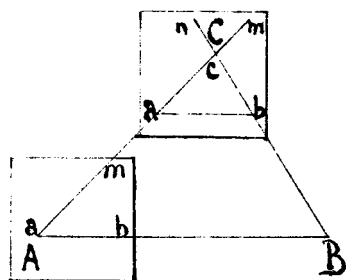


243.

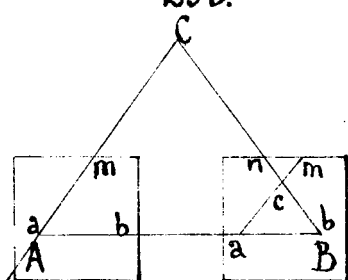




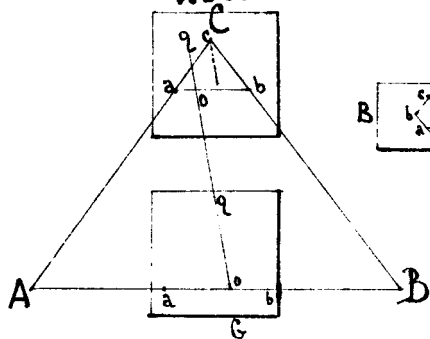
254.



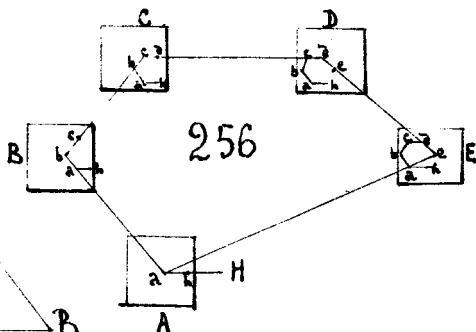
253.



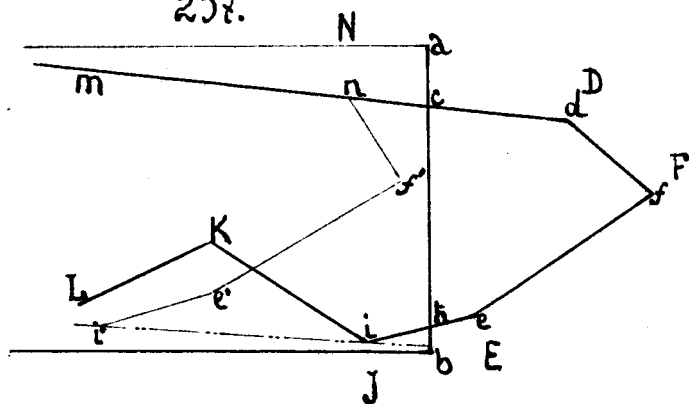
255.



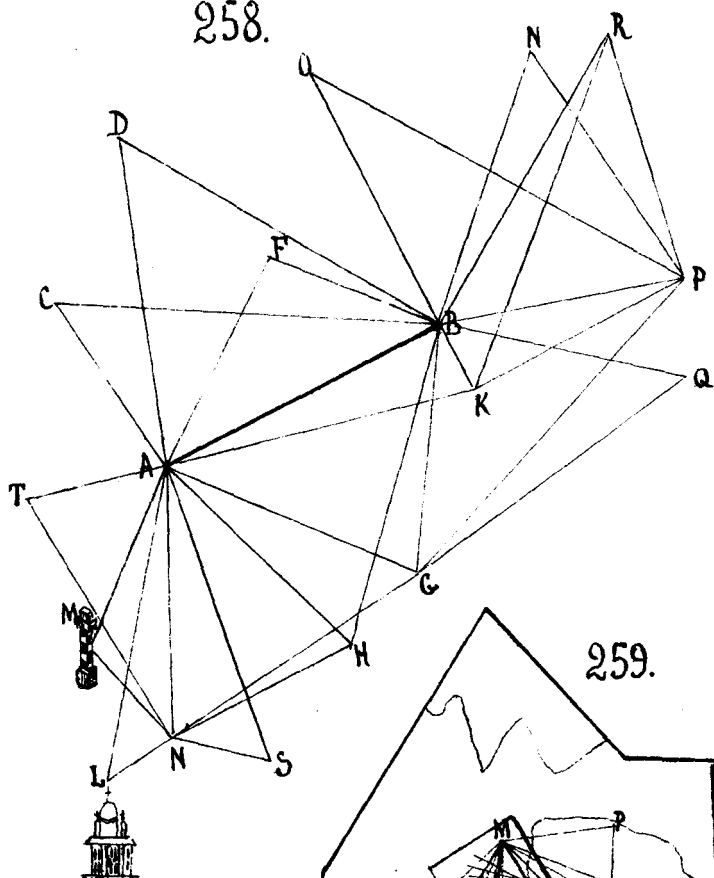
256



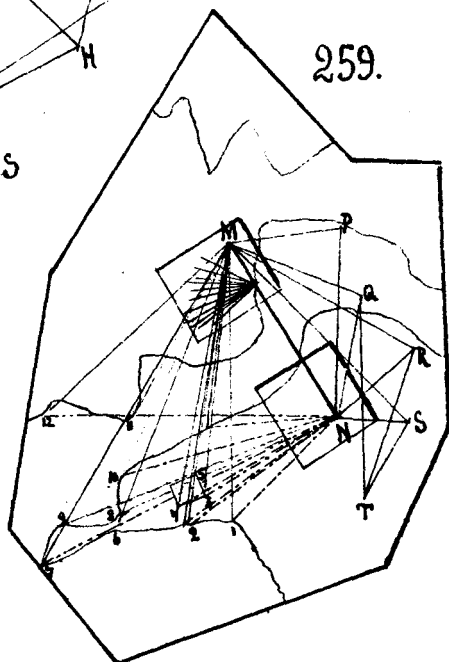
257.



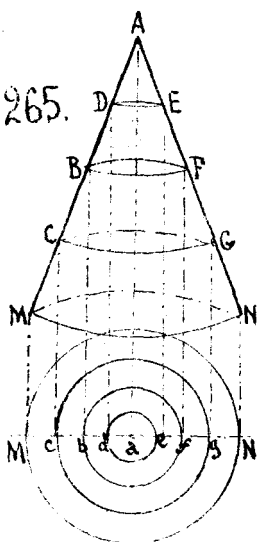
258.



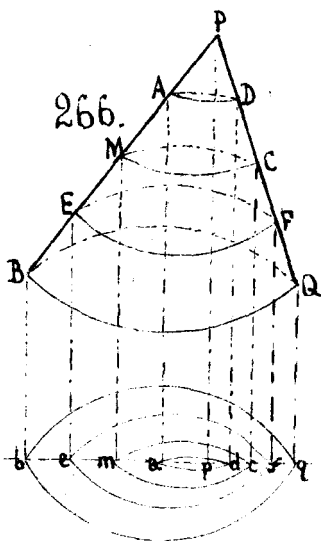
259.



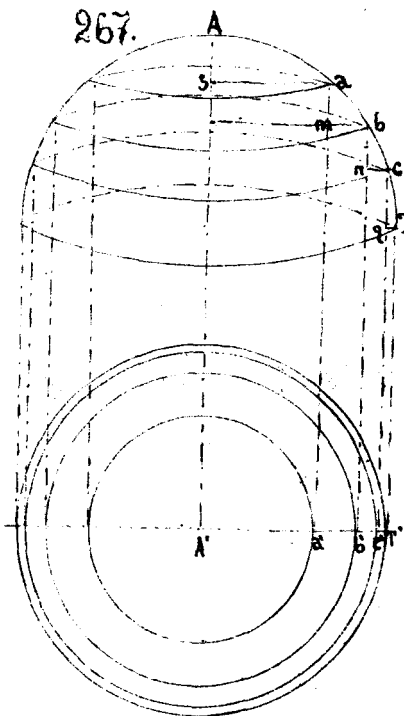
265.



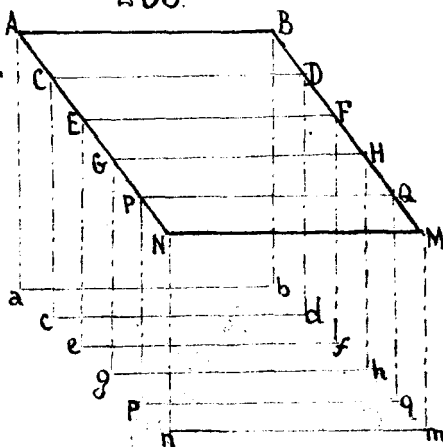
266.



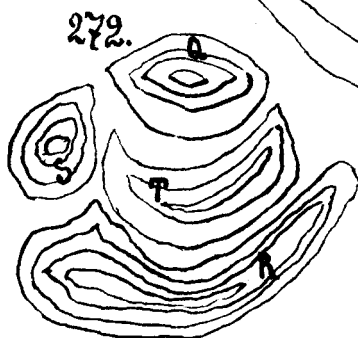
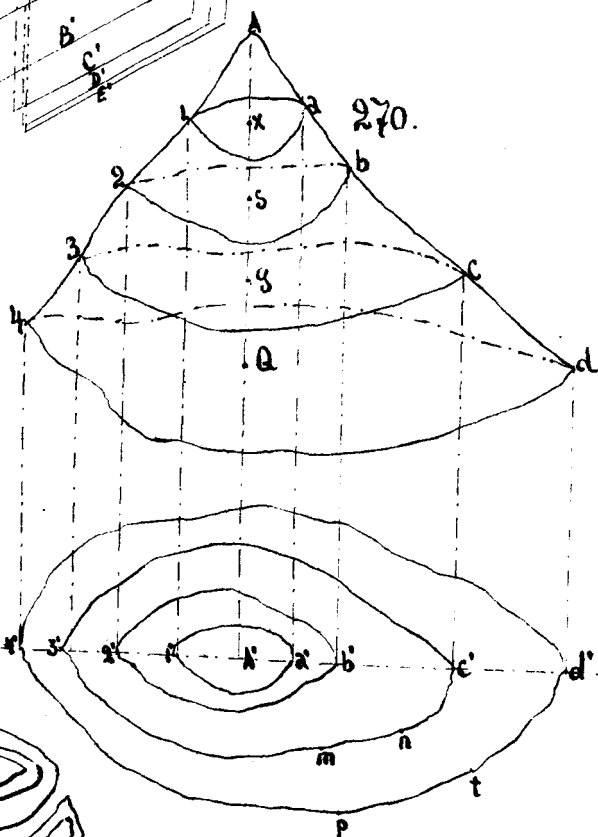
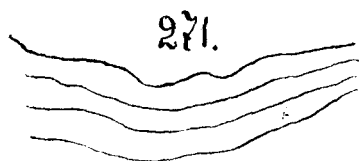
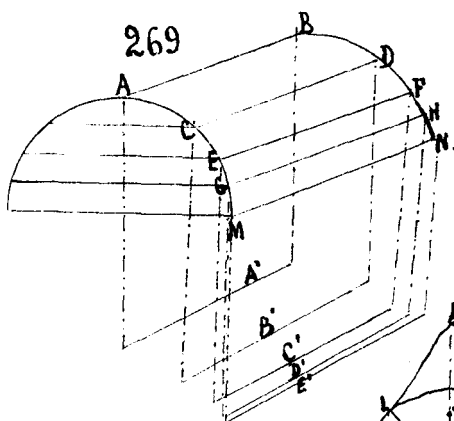
267.

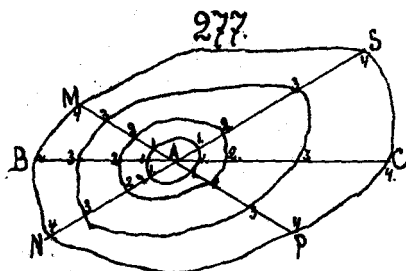
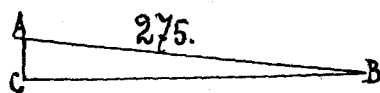
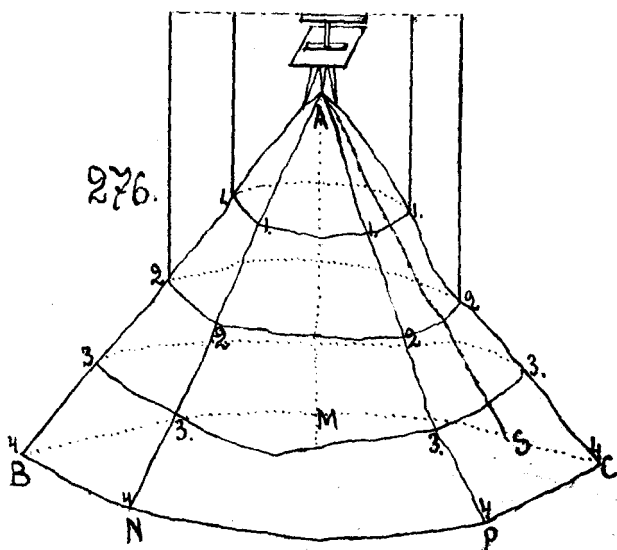
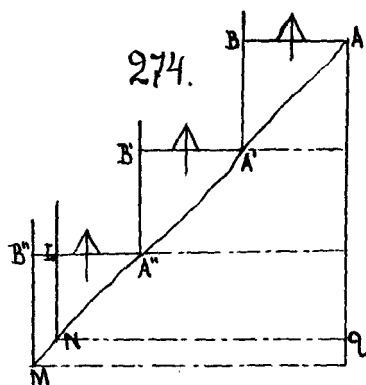
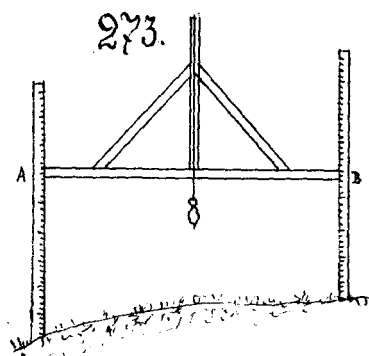


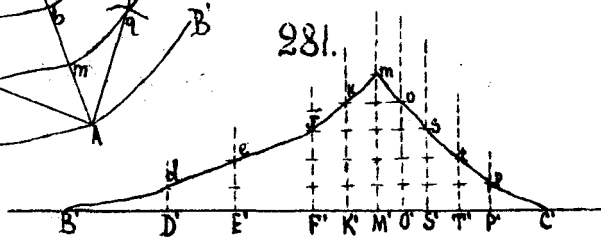
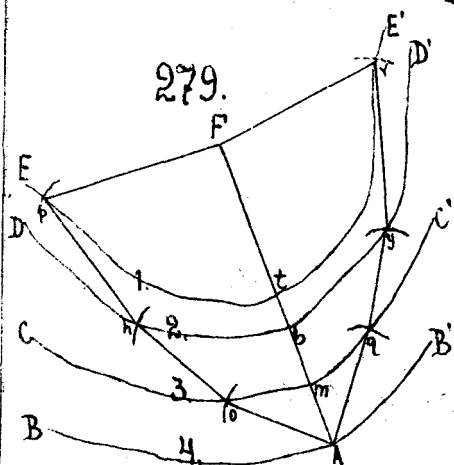
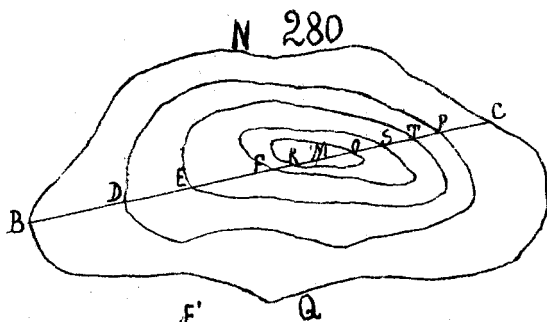
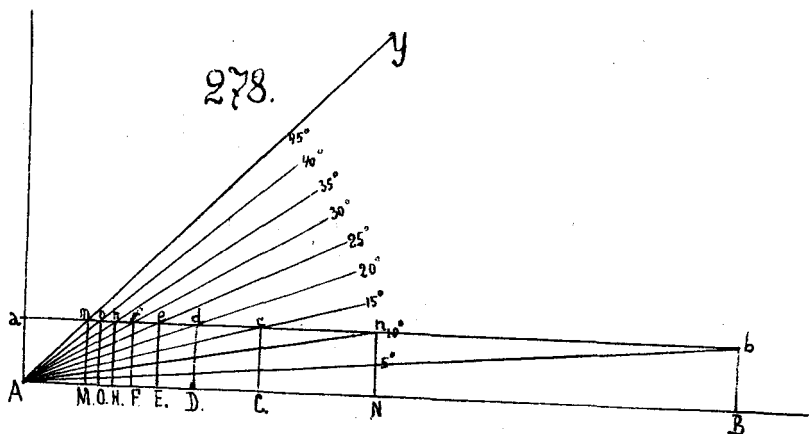
268.



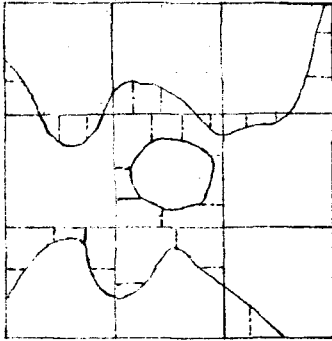
48.



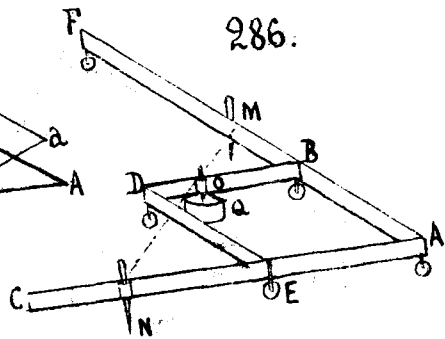
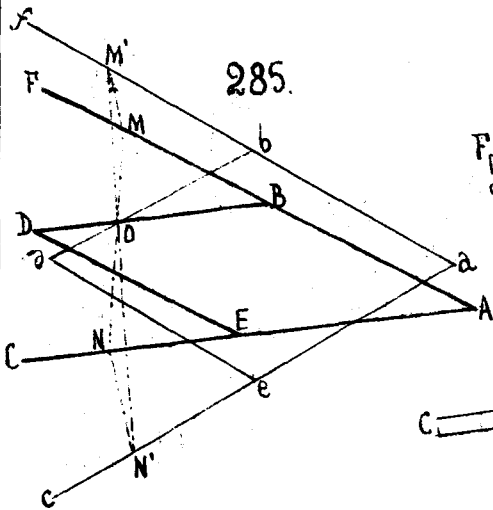
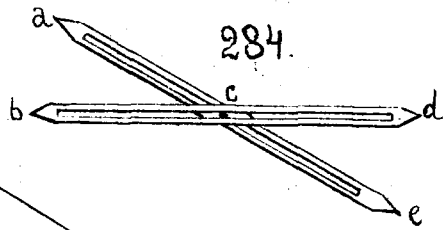
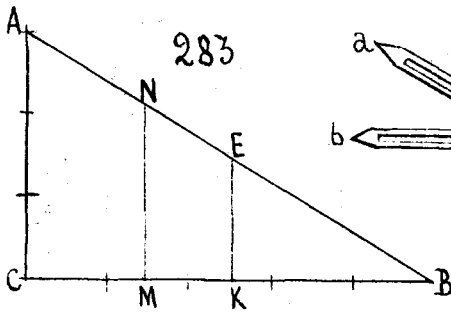
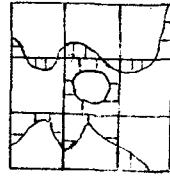


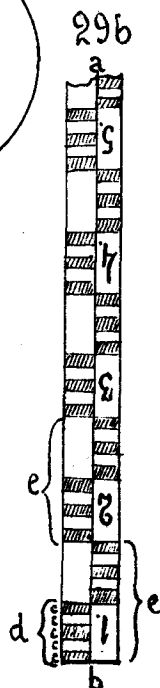
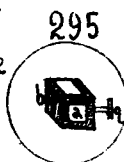
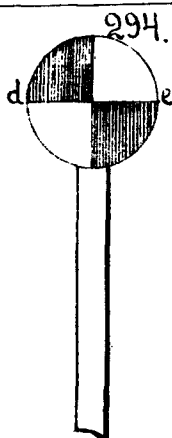
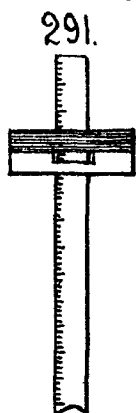
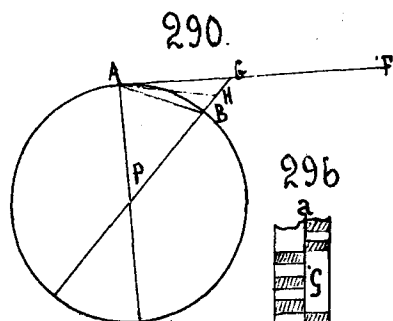
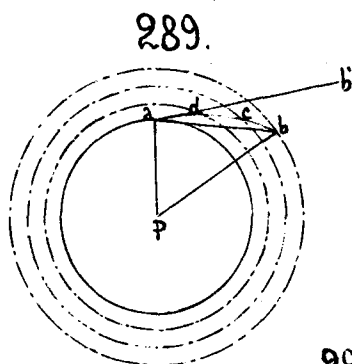
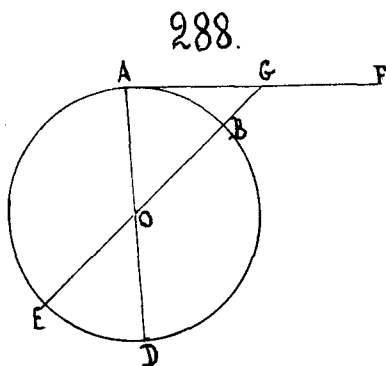
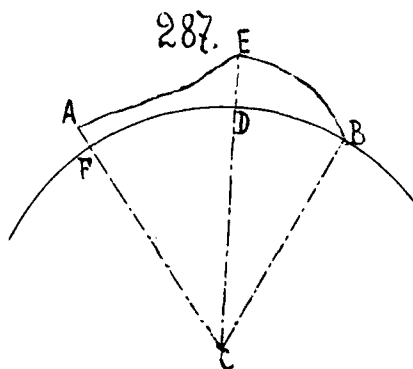


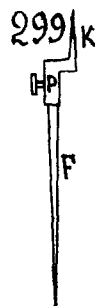
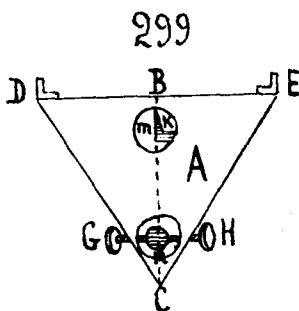
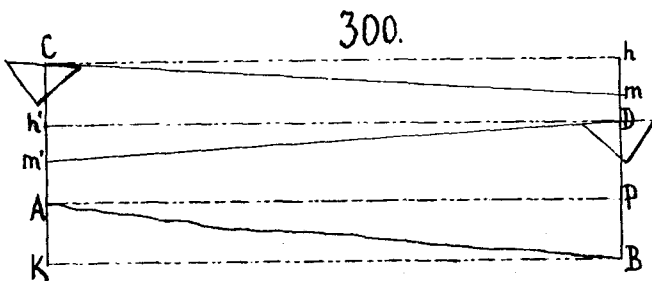
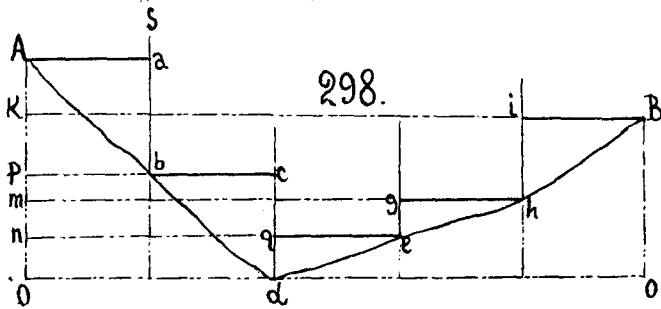
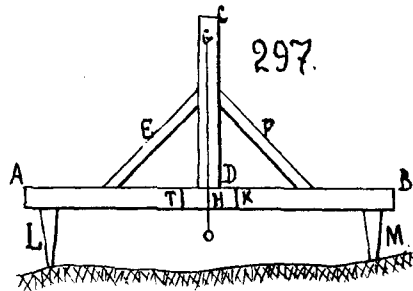
282

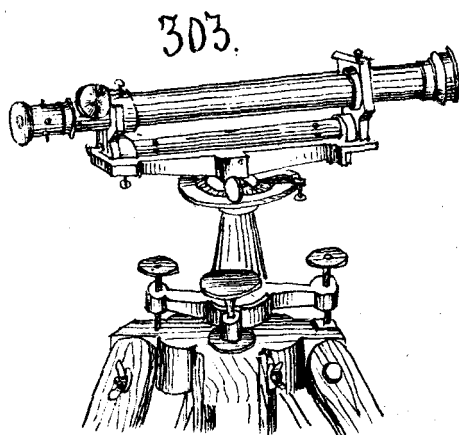
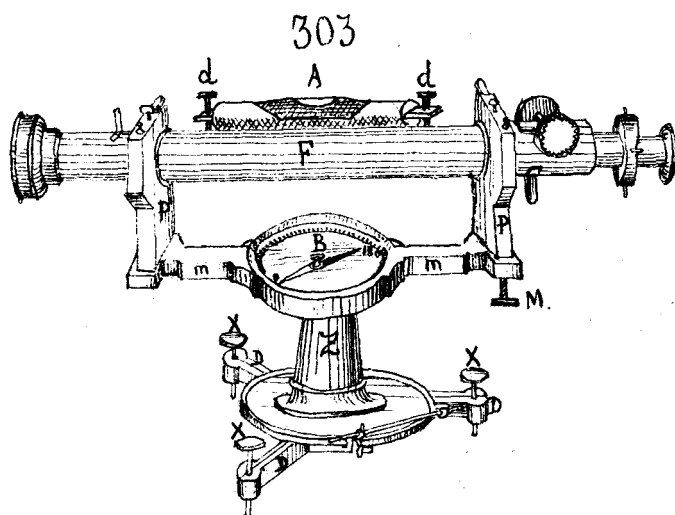


282





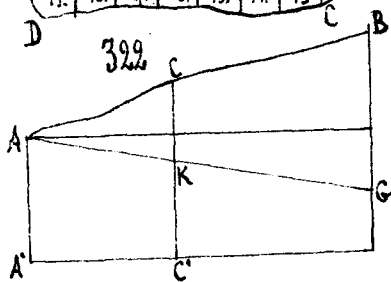




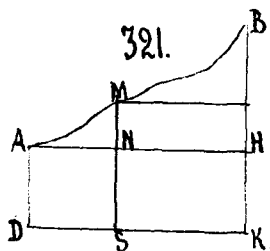
320.

A	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	B
a	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.	8.
	23.	42.	43.	44.	45.	46.	31.	9.
	22.	41.	52.	53.	54.	47.	32.	10.
	21.	40.	51.	50.	49.	48.	33.	11.
	20.	39.	38.	37.	36.	35.	34.	12.
D	19.	18.	17.	16.	15.	14.	13.	

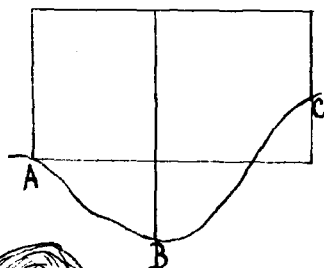
322.



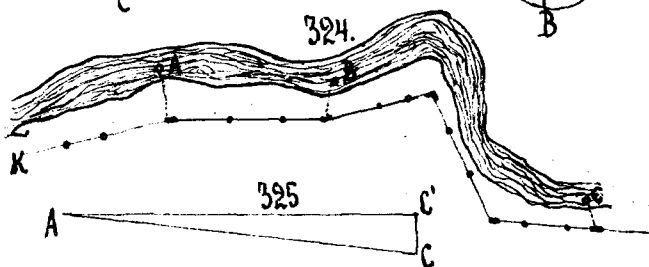
321.



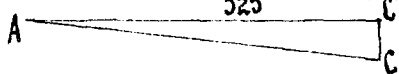
323.



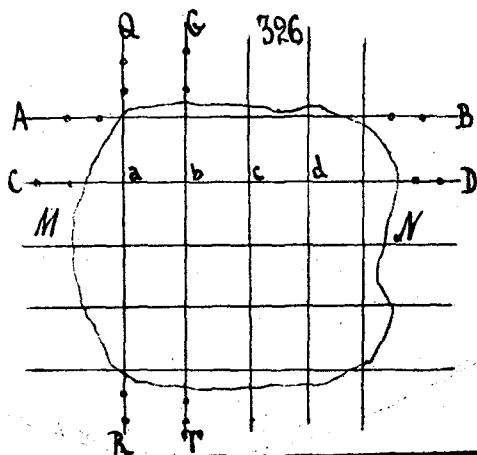
324.

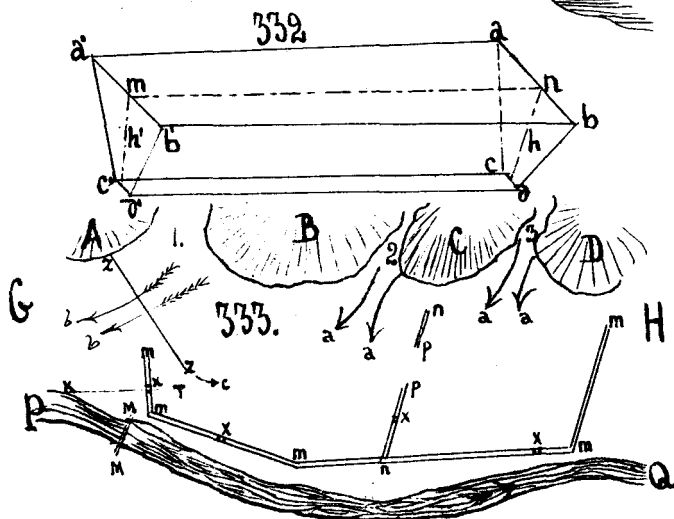
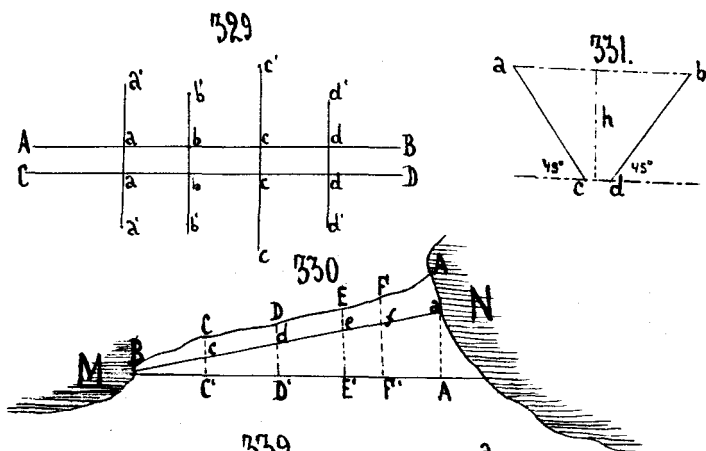
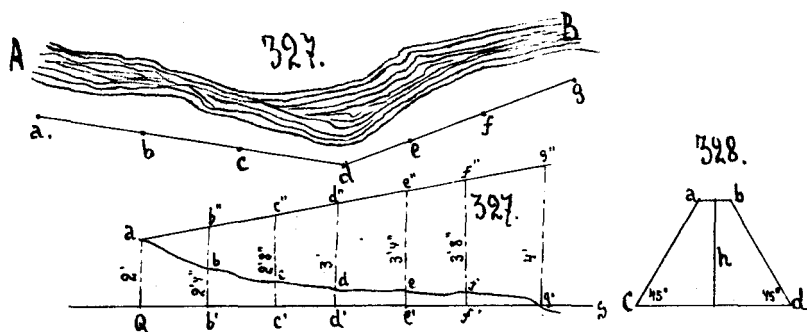


325.

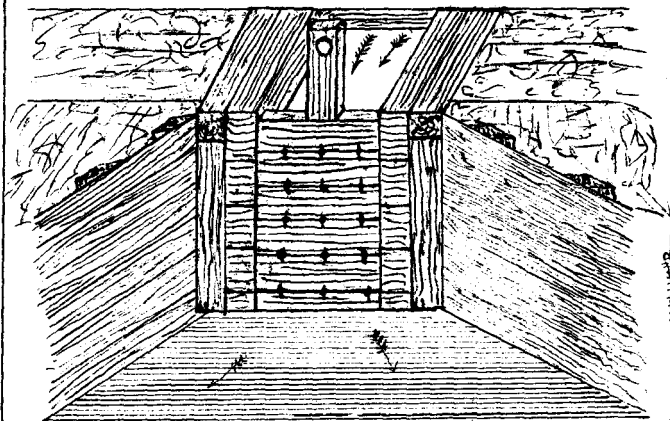


326.

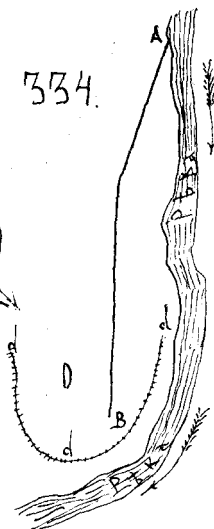




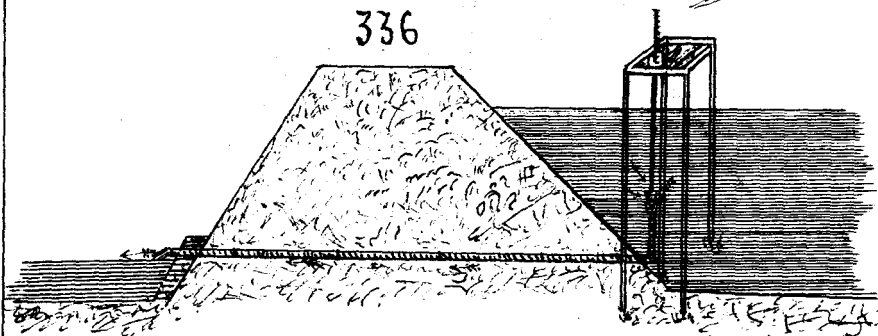
335.



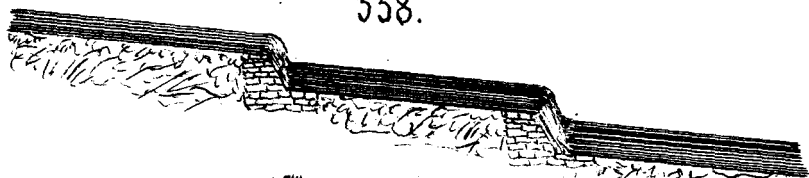
334.



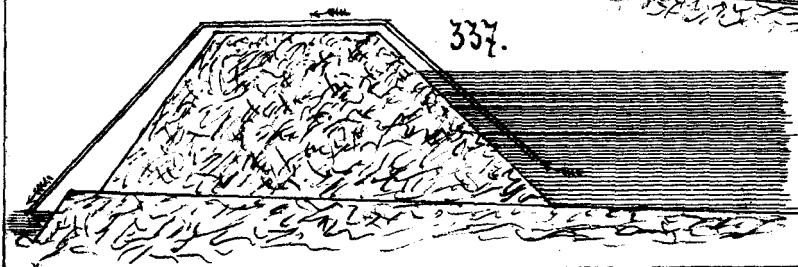
336



338.

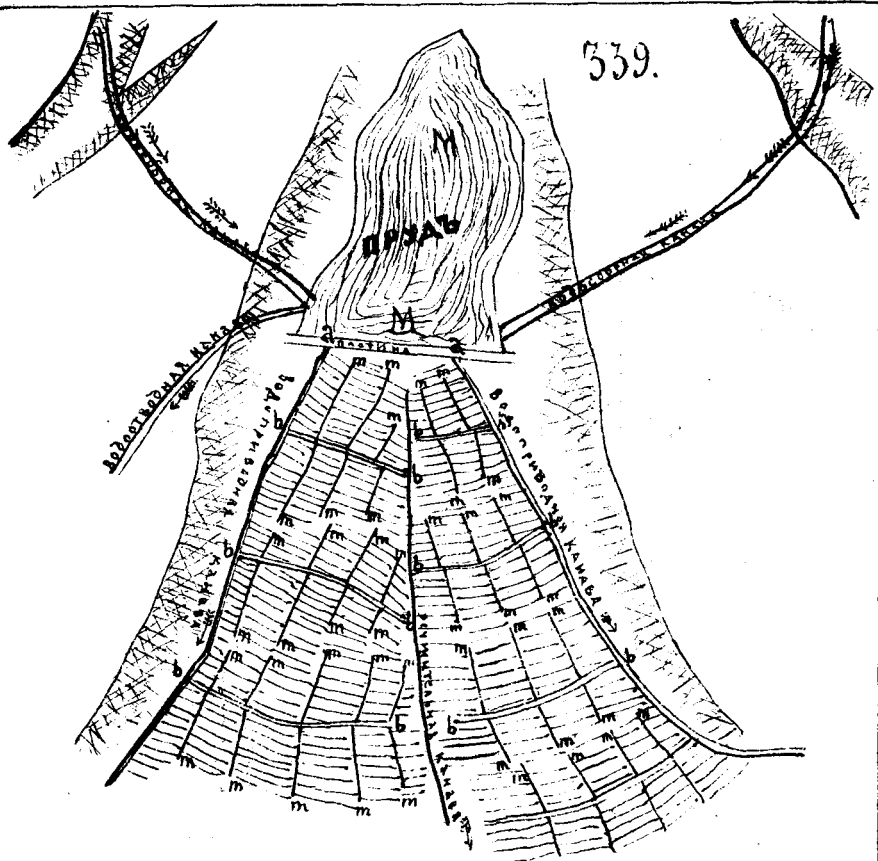


337.

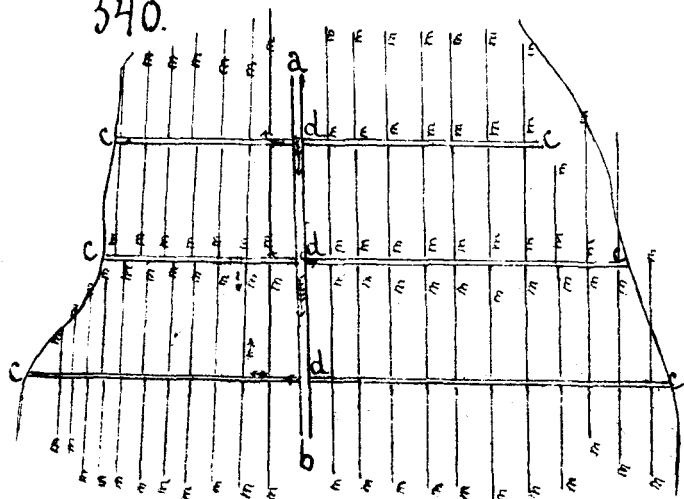


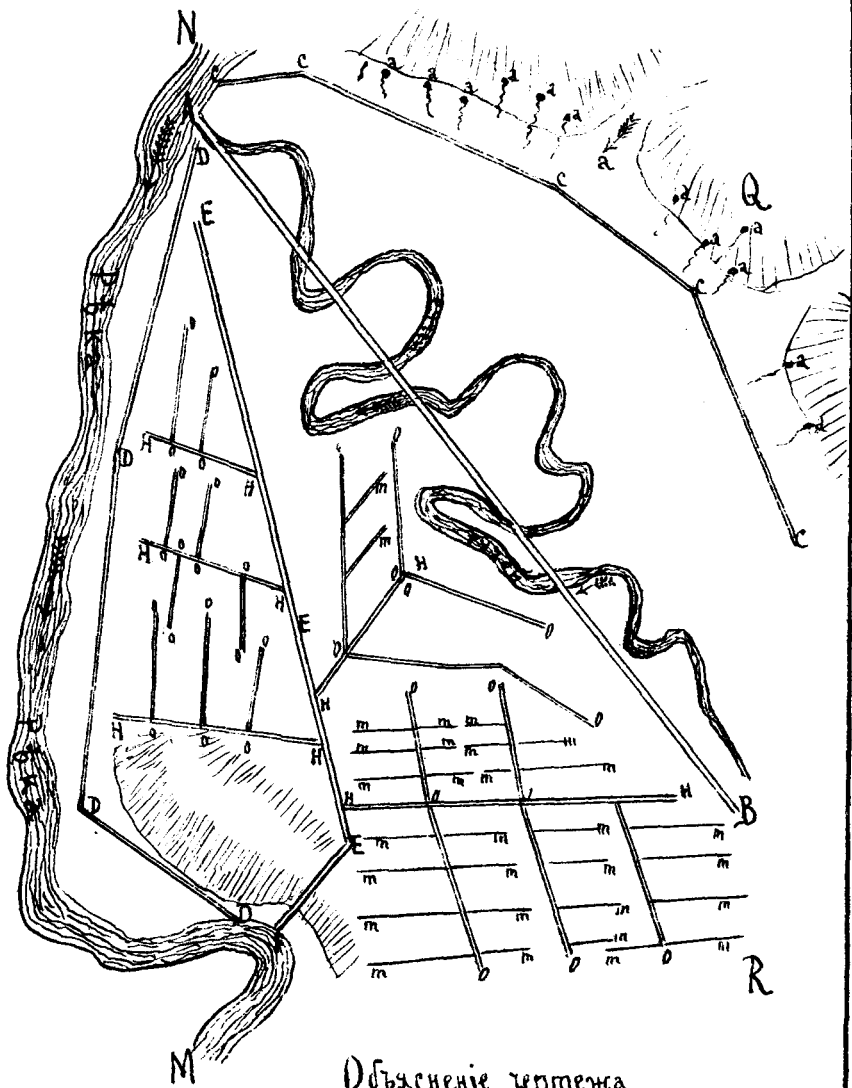
62.

339.



340.





Объясненіе чертежа

$MNQR$ — осушаемое пространство

АВ — канал, выпрямляющий русло ручья

ССССС — канава, перенимающий воду Ключей и болот, адр.

DDDD --- канава, задерживающая нажимную воду рыжи

ЕЕЕ —" —главная, центральная канава

ЕФ — — спускная канава

Боковые каналы: $H, H, H \dots$ I^{го} порядка; $0, 0, 0 \dots$ II^{го} порядка; $m, m, m \dots$ III^{го} порядка