

505284

Выпуск II.

~~19. III~~
~~2537~~

ПРОВЕРЕНО
ЦНБ
1945

УЧЕБНИК
МАРКШЕЙДЕРСКОГО ИСКУССТВА.

~~1925~~
~~2852~~

Центральна Наукова
БІБЛІОТЕКА при ХДУ
п.в. № _____

ИЗДАНИЕ
Культоотдела Донецкого Губотдела Всероссийского
Союза Горнорабочих
1923.

Проверено
ЦНБ
1939

V45 67

Харьков.
Типо-Литография В.-Р. С. У. В. О.
имени Фрунзе.

ПРЕДИСЛОВИЕ.

Еще в дореволюционное время сильно ощущался недостаток в хороших учебниках по геодезии, а по маркшейдерскому искусству их совсем не было. С развитием сети школ по профтехническому образованию этот недостаток стал чувствоваться особенно остро. Лица, преподающие эти предметы, делали попытки самостоятельно выйти из тяжелого положения, но это приводило только к разрозненным трудам весьма конспективного характера.

Наиболее широко подошел к этому вопросу преподаватель Горловского Техникума тов. И. Невзоров, обладающий большим маркшейдерским стажем. Им составлен был, применительно к требованиям профшкол, курс геодезии и маркшейдерского искусства — «Практические задачи по маркшейдерскому искусству». Этот труд тов. Невзорова и послужил поводом к изданию Культотделом Донецкого Губотдела Всероссийского Союза Горнорабочих двух выпусков учебника: выпуск I-й — Учебник низшей геодезии и выпуск II-й — Учебник маркшейдерского искусства.

При составлении этих учебников были широко использованы нижеследующие классические труды:

1. Курс низшей геодезии Н. Д. Артамонова.
2. Курс низшей геодезии А. Бика, часть I и II.
3. Топография Витковского.
4. Курс маркшейдерского искусства проф. В. И. Баумана и
5. Курс маркшейдерского искусства проф. Леонтовского.

При этом теоретическая часть учебников широко пополнена примерами из горной практики пов. Невзорова.

Отсутствие в Донбассе новейших трудов по вопросам о геодезии и маркшейдерии, отсутствие методических руководств по этой отрасли знания в связи с новыми методами преподавания, а также и трудности в области техники издания обуславливают, конечно, ряд непредвиденных пробелов и недочетов в настоящем издании, исправить которые можно лишь на основании опытов применения этих учебников в учебных заведениях.

Редакционно-Издательская Коллегия

при Донецком Губернском Отделе

Всероссийского Союза Горнорабочих.

ВВЕДЕНИЕ.

Маркшейдерское искусство, по своему положению в семье наук, представляется весьма родственным астрономии и геодезии, и начало его также теряется во мраке прошедших веков, как и начало геодезии. Цель его—производство подземных с'емок и наглядное и правильное изображение подземных выработок на бумаге.

Название предмета—маркшейдерское искусство — есть точный перевод немецкого слова «Marscheide Kunste»; на старо-немецком языке слово «Marscheiden» означало «нарезать границы», при чем подразумевалось, что речь идет о подземных границах; встарину даже в Германии это было только искусство, но с течением времени оно все более и более совершенствовалось и теперь это уже не искусство, а настоящая наука. Так что, если мы и говорим попрежнему «маркшейдерское искусство», то это только по установившейся привычке. Французы же называют гораздо правильнее, — подземная геометрия.

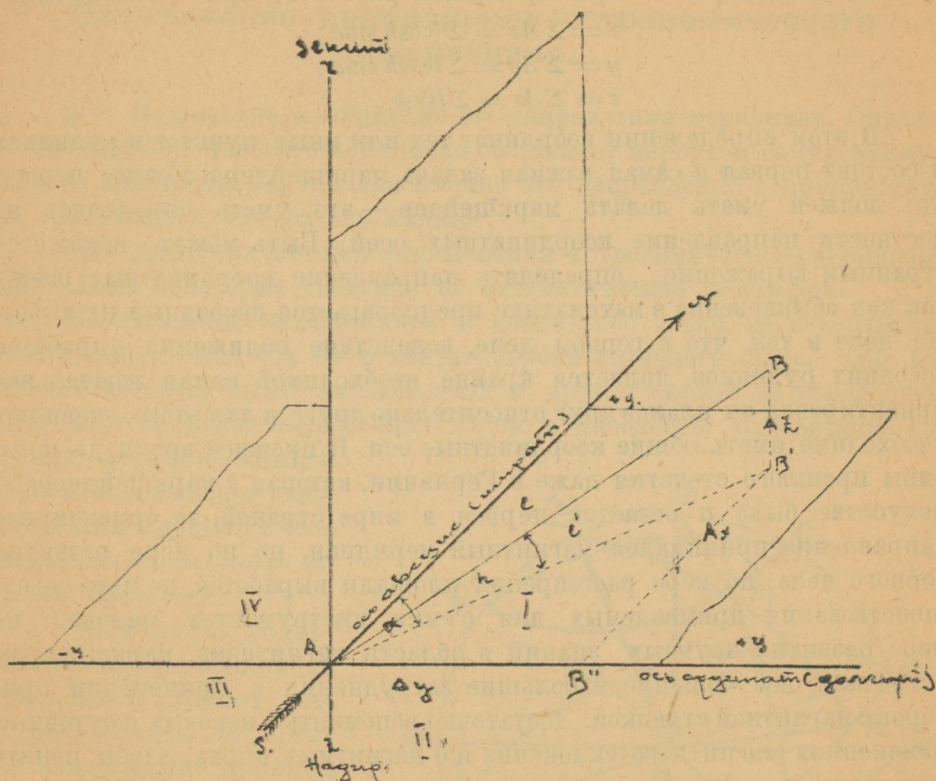
Основной задачей маркшейдерского искусства является определение координат тех или иных пунктов относительно принятой системы координат.

Маркшейдерское дело оставалось весьма простым искусством только до тех пор, пока рудники, при слабом развитии горного дела, были разбросаны, пока они существовали независимо друг от друга и пока применявшиеся инструменты были самого простого устройства. Но, по мере развития горной промышленности, задачи его все более и более усложнялись и средства к их решению совершенствовались. Необходимость строгого разграничения подземных границ рудничных участков, несчастия с рабочими, вследствие неправильного направления выработок, колоссальные, общие для целых районов выработки (водоотливные штольни),—все это заставило немцев обратить на маркшейдерское искусство самое серьезное внимание и дать ему одно из главных мест в ряду других горно-технических наук.

Из элементарного курса геодезии уже известно различие между картами и планами, а именно, что карты суть изображения столь больших участков, что пренебрегать кривизной земного шара нельзя, тогда как планы суть изображения столь малых участков, что для них искажение от замены поверхности уровня касательной к ней плоскостью плана оказываются меньшими, чем погрешности измерения углов и линий при с'емке. Принимая во внимание исключительный характер маркшейдерских с'емок, ограничивающихся в большинстве случаев небольшими рудничными районами, мы можем сказать, что маркшейдеру никогда не придется в результате своих рудничных с'емок вводить поправку на кривизну земного шара. Другими словами— цель маркшейдерских с'емок состоит, главным образом, в составлении плана и разного рода разрезов, что в настоящее время наилучше всего достигается при помощи вычисления координат угловых точек относительно трех взаимно-перпендикулярных осей. Одна из координатных осей, именно ось Z , всегда отвесна и служит осью высот при построении вертикальных разрезов. Она называется осью высот точек. Отрезки, на ней откладываемые, считаются $+$, если откладываются вверх от точки, принятой за начало, и $-$ в обратном случае. Две другие оси, ось X и ось Y , располагаются в горизонтальной плоскости и служат для составления плана. Есть два приема расположения осей X и Y ; в первом из них осями координат служат: во-первых, направление астрономического или истинного меридиана, проходящего через начальную точку с'емки,—это ось X -ов или абсцисс, и второе, линия перпендикулярная к оси абсцисс или линия востоко-запад. Это ось Y -ов; абсциссы точек считаются положительными к северу, (т. е. на плане вверх) и отрицательными к югу (т. е. на плане вниз). Ординаты же считаются положительными к востоку и отрицательными к западу; по аналогии с географическими координатами абсциссы считаются широтами, а ординаты долготами точек.

При втором способе расположения плана осями координат служат: 1) направление господствующего простирания пород и 2) направление, к нему перпендикулярное; за ось абсцисс принимается при этом та из осей, которая ближе подходит к меридиану. На планах ось абсцисс располагается всегда вертикально (т. е. не так, как в аналитической геометрии) и $+X$ откладывают вверх, а отрицательное вниз; ось ординат горизонтальна и $+Y$ откладывают вправо. Заметим, что во всех тех случаях, когда за ось абсцисс не взято направление меридиана начальной точки с'емки, для правильного расположения такой с'емки все-таки необходимо знать угол, составляемый направлением оси абсцисс и направлением меридиана начальной точки. Поэтому определение направления астрономического меридиана и географиче-

ских координат начальной точки представляет одну из первых и главных задач маркшейдера. По самому характеру горных выработок, обыкновенно вытянутых по одному направлению, единственно возможным для них является способ полигонной съемки, при котором определяются координаты угловых точек; данными же для определения координат этих точек служат (см. чертеж 1-ый):



Чертеж 1.

1. Длина станов.
2. Углы наклона их к горизонту.
3. Углы простираения (т. е. углы между горизонтальной проекцией стана и параллелью к оси абсцисс, проведенной через начальную точку). Углы наклона изменяются в пределах от 0 до 90°, смотря по тому, имеет ли стан восстание или падение от начальной точки к конечной. Углы простираения альфа отсчитываются от положительного отрезка оси абсцисс в сторону положительного отрезка оси ординат (т. е. по часовой стрелке) от 0 до 360°. Имея длину и угол наклона стана, можно вычислить горизонтальную и вертикальную его проекции.

Горизонтальная проекция

$$— b = l \cosh$$

$\Delta z = l \sinh$ представляет приращение высоты. Приращение абсцисс и ординат каждой конечной точки стана относительно начальной суть:

$$\Delta x = b \cos \alpha = l \cosh \cos \alpha \quad \text{и} \quad \Delta y = b \sin \alpha = l \cosh \sin \alpha.$$

Сделав то же для каждого стана, мы найдем координаты любой последующей точки простым суммированием равенств, при чем получим:

$$x = \Sigma \Delta x = \Sigma l \cosh \sin \alpha;$$

$$y = \Sigma \Delta y = \Sigma l \cosh \sin \alpha;$$

$$z = \Sigma \Delta z = \Sigma l \sinh.$$

В этом определении координат тех или иных пунктов в рудниках и состоит первая и самая важная задача маркшейдера; а самое первое, что должен уметь делать маркшейдер — это уметь определить на местности направление координатных осей. Быть может, покажется странным выражение: „определять направление координатных осей“, так как обыкновенно в математике предполагается свободный их выбор. Но дело в том, что в горном деле, вследствие сближения выработок соседних рудников, является крайне необходимой самая тщательная ориентировка их планов друг относительно друга, а для этого, очевидно, необходимо иметь общие координатные оси. В прежнее время до половины прошлого столетия даже в Германии, которая в маркшейдерском искусстве была и остается первой в мире страной, за ориентирное направление принимался магнитный меридиан, но по мере развития горного дела, по мере расширения площади выработок, по мере совершенствования применяемых для с'емки инструментов, наконец, по мере развития научных знаний в области магнетизма, маркшейдеры встречали все большие и большие затруднения в применении приборов с магнитной стрелкой. Достаточно вспомнить о вековых и суточных изменениях магнитного склонения и о магнитных бурях, чтобы понять причину этого. В настоящее время ориентировка по магнитному меридиану почти совсем вытесняется ориентировкой по меридиану астрономическому и связанной с ней теодолитной с'емкой, при которой положение магнитной стрелки на точной с'емке никакого значения не имеет. Не надо думать, однако, что все значение, все работы маркшейдера в жизни рудника ограничиваются с'емкой плана; на обязанности маркшейдера лежат все важнейшие функции рудничной жизни, решение всех ее важнейших задач, как-то: об определении падения и простирания пластов при разведках, об определении запасов месторождения и выемочных целиков, о прохождении сбросов и сдвигов, и чрезвычайно ответственная задача — о проведении подземных выработок встречными забоями, задаваемыми часто на очень больших расстояниях друг от друга.

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

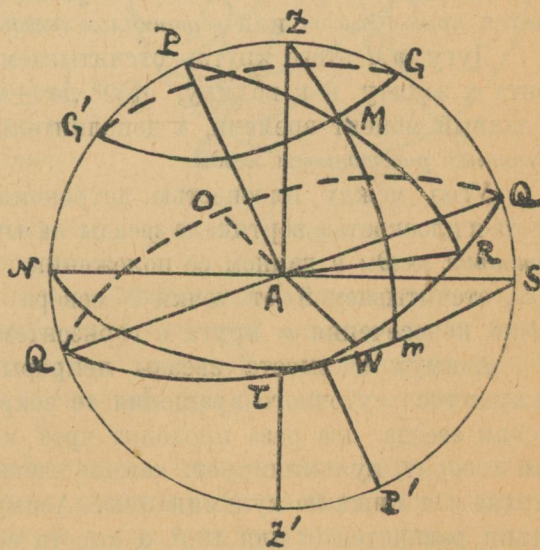
Определение направления астрономического меридиана.

§ 1. Подготовка к определению направления меридиана. Определение астрономического меридиана составляет первую и самую важную задачу маркшейдера, так как именно это направление и принимается за ориентирное, т. е. за ось абсцисс.

Для уяснения методов определения астрономического меридиана приведены некоторые сведения из математической географии.

Наблюдатель, находящийся в какой-либо точке на поверхности земли, видит себя как бы в центре огромного полого шара, одна половина которого видна наблюдателю, а другая скрыта за горизонтом. Шар этот называется небесным сводом, а плоскость, отделяющая видимую часть от невидимой и касательная к поверхности земли в данной точке, называется *плоскостью видимого горизонта*.

Пренебрегая радиусом земли, как величиной ничтожною, сравнительно с расстоянием от земли до звезд, можно принять, что плоскость видимого горизонта сливается с параллельною ей плоскостью, проведенной через центр земного шара, и называемую *плоскостью истинного горизонта* данного места (черт. 2). Отвесная линия, проходящая через точку A и перпендикулярная к плоскости горизонта, встречает небесный свод в точках Z и Z' , называемых *зенитом* (Z) и *надиром* (Z') места стояния.



Черт. 2.

Вследствие суточного вращения земли около своей оси по направлению с запада на восток, все светила кажутся вращающимися около продолжения этой оси в противоположную сторону, т. е. от востока к западу. Продолжение PP' оси земли называется осью мира, а точки P и P' , в которых эта ось встречает небесный свод—*полюсами мира*.

Каждая отдельная звезда при своем вращении описывает малый круг, плоскость которого перпендикулярна к оси мира.

Круг этот называется *параллелью звезды* (GMG' —параллель звезды). Параллель же, проходящая через центр земли, называется *небесным экватором* ($OQWQ'$), а линия пересечения плоскости экватора с истинным горизонтом—*экваториальной линией* или линией востока—запада (OW).

Вертикальная плоскость $ZPZP'$, проходящая через ось мира и зенит, называется *плоскостью астрономического меридиана*, а линия пересечения ее с плоскостью горизонта—*астрономическим меридианом* или *полуденной линией* данного места (NS). Точка N астрономического меридиана, обращенная к северному полюсу, называется точкою севера, а противоположенная ей точка S —точкою юга.

Плоскость ZMt , проведенная через звезду в данном ее положении и чрез вертикаль точки стояния, пересекает небесную сферу по окружности большого круга. Полученный таким образом круг называется *кругом высот* или *вертикалом звезды*.

Дугу tM этого круга, отсчитываемую по направлению от горизонта к зениту и к надиру, от 0° до $\pm 90^\circ$, называют *высотой звезды* в данный момент времени, а дополнительную к ней до 90° дугу ZM —*зенитным расстоянием звезды*.

Угол между плоскостью астрономического меридиана данного места и плоскостью вертикала звезды называется *азимут* или *углом простирания звезды* в данном ее положении. Угол этот измеряется дугой Nm , отсчитываемой от точки N севера через восток, юг и запад до точки пересечения m круга с горизонтом от 0° до 360° .

Азимут и высота звезды непрерывно изменяются, вследствие кажущегося суточного вращения ее вокруг оси мира. При таком движении звезда два раза проходит чрез меридиан данного места или, как говорят, кульминирует: каждое светило имеет для данного места верхнюю и нижнюю кульминацию. Азимут звезды во время кульминации равняется 0° или 180° , а высота ее получает свою наибольшую положительную или наибольшую отрицательную величину в том случае, когда параллель звезды пересекает плоскость горизонта. Для тех же звезд, параллели которых лежат выше горизонта, звезд около полярных (зв. M), высота во время нижней кульминации остается положительною и получает лишь свою наименьшую величину.

Так как вращение земли вокруг своей оси происходит вполне равномерно, и так как эту последнюю для небольших промежутков времени можно принять за неизменную, то кажущееся движение звезд представится также равномерным.

Из этого следует, что для равных промежутков времени до и после кульминации звезды, т. е. для равных расстояний звезды от плоскости меридиана высоты звезды над горизонтом—одинаковы.

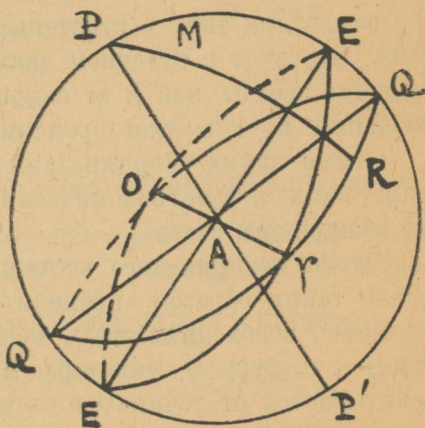
Обратно—если высоты звезды при двух ее наблюдениях равны, то равны и расстояния звезды от меридиана.

Большой круг небесного свода (черт. 3), проведенный чрез звезду M в данном ее положении и через ось мира PP' , называется *кругом склонения*. Дуга RM этого круга, заключенная между экватором и звездой, называется *склонением звезды*, а дуга PM , дополнительная к дуге RM до 90° ,—*полюсным расстоянием* той же звезды. Склонение отсчитывается от точки пересечения круга склонения с экватором в обе стороны от 0° до 90° и считается положительным для звезд северного полушария и отрицательным для южного.

Склонение или полюсное расстояние представляет одну из координат новой системы. За другую координату принимают *двухгранный угол*, заключенный между плоскостью астрономического меридиана данного места и *кругом склонения*. Угол этот, называемый *часовым углом звезды*, измеряется дугою QR экватора, отсчитываемой от плоскости меридиана, т. е. точки Q , соответствующей верхней кульминации звезды, в сторону движения звезды (по часовой стрелке) от 0° до 360° или от 0 до 24 часов.

Из этих двух координат только первая—склонение звезды—остается постоянною во время ее движения. Часовой же угол непрерывно изменяется и, выраженный в часах, минутах и секундах, определяет время, протекшее с момента верхней кульминации звезды до данного.

Чтобы иметь вторую неизменную координату и таким образом получить данные для определения относительного расположения звезд, отсчитывают эту величину не от неподвижной точки—пересечения



Черт. 3.

экватора с меридианом данного места, а от точки, которая сама принимает участие в суточном движении звезд. За такую точку принимают обыкновенно точку весеннего равноденствия или точку овна — одну из двух точек пересечения эклиптики с экватором и при том ту из них, в которой солнце бывает в то время, когда оно при своем кажущемся годовом движении вокруг земли переходит из южного полушария в северное.

Вместо дуги QR экватора, измеряющей часовой угол, берут дугу γR между точкой весеннего равноденствия и точкою пересечения экватора с кругом склонения звезды. Дуга эта, называемая *прямым восхождением звезды*, отсчитывается от точки весеннего равноденствия в сторону, обратную видимому суточному движению небесного свода, от 0 до 360° или от 0 до 24 часов.

Благодаря тому обстоятельству, что точка весеннего равноденствия участвует в суточном движении небесного свода, прямое восхождение звезды, как и ее склонение, остается, по крайней мере для небольших промежутков времени, величинами постоянными.

Этими двумя координатами определяется относительное расположение звезд, и в астрономических календарях координаты эти даются для важнейших звезд.

Чтобы из принятого восхождения звезды получить часовой ее угол и таким образом определить положение звезды на небе в данное время, необходимо знать часовой угол точки весеннего равноденствия, т. е. дугу $Q\gamma$ экватора. Дуга эта называется *звездным временем*, отсчитывается от точки Q в сторону движения небесного свода от 0 до 24^h и обозначает в часах, минутах и секундах протекшее с момента верхней кульминации точки весеннего равноденствия до данного момента.

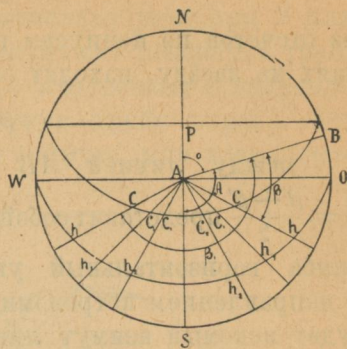
При этом за звездные сутки принимают время, протекшее между двумя последующими кульминациями точки γ и за начало суток — момент верхней ее кульминации.

Обозначив через τ звездное время в данный момент, через t — часовой угол какой-либо звезды и $A.R$ (*Accensia Recto*) прямое ее восхождение, найдем зависимость между ними:

$$t = \tau - A.R.$$

§ 2. Способ звездных высот. Выше уже упоминалось, что для равных промежутков времени до и после кульминации звезды, т. е. для равных расстояний звезды от плоскости меридиана высота звезды над горизонтом одинакова; и обратно: если высоты звезды при двух ее наблюдениях равны, то равны и расстояния звезды от меридиана. На этом свойстве движения звезд и основан способ определения

направления астрономического меридиана по соответственным звездным высотам. Сущность способа заключается в следующем: установив теодолит надлежащим образом в точке „А“ (см. чертеж 4), визируют на звезду *C* до ее кульминации и берут отсчеты *b* и *h* по нониусам горизонтального и вертикального кругов. Когда звезда после своей кульминации будет иметь ту же высоту, снова визируют на нее и записывают отсчет *b*₁ по горизонтальному лимбу, наблюдая за тем, чтобы отсчет *h* по нониусу вертикального круга остался тот же.



Черт. 4.

Тогда разность отсчетов $b_1 - b$ определит величину горизонтального круга CAC_1 между двумя направлениями на звезду при одной и той же высоте ее над горизонтом, а полусумма этих подсчетов, $\frac{b_1 + b}{2}$ будет соответствовать направлению астрономического меридиана, ибо по предыдущему равным высотам звезды соответствуют и равные расстояния от меридиана. Установив 0 нониуса алидады на черте, соответствующей отсчету $\frac{b_1 + b}{2}$, можно провести направление меридиана* и отметить его лохштейнами.

На практике удобнее ориентировать теодолит по какому-нибудь местному предмету, чтобы иметь возможность поверить неизменность лимба во время наблюдения, визированием на тот же предмет, при чем отсчет по нониусам горизонтального лимба должен остаться прежний. Направление меридиана в этом случае определяется азимутом линии *AB* и провешивание его может быть сделано впоследствии, независимо от определения. Ход определения азимута линии *AB* следующий: установив теодолит в точке *A*, совмещают 0° нониуса I с нулем лимба, берут отсчет *a*₁ по нониусу II и среднее из них a равно $\frac{0^\circ + a' - 180^\circ}{2}$; закрепив в таком положении алидаду, совмещают вращением лимба вертикальную нить трубы с предметом *B* и закрепляют лимб.

Ориентировав таким образом теодолит, совмещают, подобно предыдущему, вращением алидады точку пересечения нитей со звездой в двух таких положениях *C* и *C*₁ последней до и после кульминации,

чтобы высота звезды оставалась той же и, следовательно, отсчеты по вертикальному кругу были одинаковы. Взяв средние арифметические

$$b = \frac{b' + b'' - 180^\circ}{2} \text{ и } b_1 = \frac{b_1' + b_1'' - 180^\circ}{2}$$

из отсчетов по нониусам горизонтального круга при двух визированиях на звезду, находят горизонтальные углы

$$\beta = b - a \text{ и } \beta_1 = b_1 - a$$

между линией AB и направлениями на звезду; тогда угол $A = \frac{\beta + \beta'}{2}$ представит собой согласно с направлением градусной надписи лимба горизонтальный угол BAS между ориентирною линией AB и направлением астрономического меридиана NS , а угол $\alpha = 180^\circ - A$ будет искомый азимут линии AB , считая его от N через O_1SW и обратно к N от 0° до 360° .

Чтобы сделать определение более точным, производят несколько наблюдений до кульминации звезды при разных углах наклона $h_1, h_2, h_3, \dots$ и повторяют эти наблюдения после кульминации при тех же углах наклона, но в обратном порядке. Для каждой пары таких наблюдений определяют подобно предыдущему азимуты линии AB : $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots$ и, взяв среднее из этих величин, найдем вероятнейшее значение этого угла, равным:

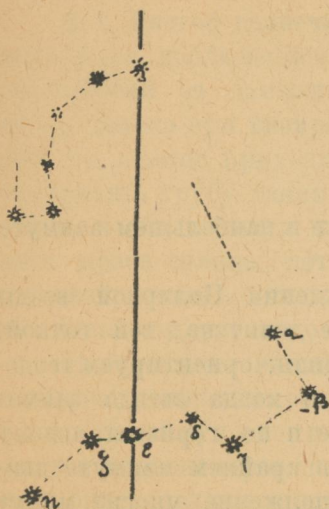
$$\alpha' = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \dots + \alpha_n}{n}$$

Определив таким образом азимут линии AB , можно впоследствии обозначить направление меридиана локштейнами. С этой целью теодолит устанавливают над точкой A и ориентируют по линии AB . Закрепив затем лимб теодолита, совмещают вращением алидады 0 нониуса с делением лимба, соответствующим углу BAN и проведи-
вают направление меридиана.

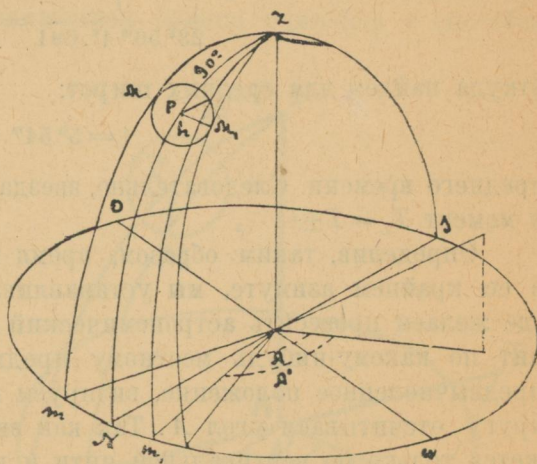
§ 3. Определение меридиана наблюдением полярной звезды. Этот способ является одним из наиболее удобных. По малости радиуса своей орбиты полярная звезда движется, вообще говоря, крайне медленно, что значительно облегчает визирование. В то же время, когда звезда находится в своем восточном или западном положении, она в продолжение нескольких минут лишь скользит по вертикальной нити трубы, не сходя с нее, что делает взятие отсчета по горизонтальному лимбу особенно удобным. Чтобы найти положение полярной звезды, следует (см. чертеж 5) соединить звезды α и β Большой Медведицы и на продолжении этой линии отложить расстояние $\alpha\alpha$, равное, примерно, $5\frac{1}{2} \alpha\beta$.

Сущность данного способа определения направления меридиана заключается в следующем:

Установив прибор (черт. 6), визируют на Полярную звезду в одном из крайних ее положений и отсчитывают по горизонтальному кругу; затем из треугольника PZM или PZM_1 вычисляют угол при Z или, что все равно, дугу mN или m_1N , на которую нужно повернуть трубу теодолита, чтобы ее луч зрения (оптическая ось) совпал с направлением астрономического меридиана и, повернув трубу вправо, если звезда наблюдалась в наибольшем западном азимуте, или влево, если



Черт. 5.



Черт. 6.

она была в восточном азимуте, мы можем провести меридиан на местности. Чтобы целесообразно расположить свои наблюдения, маркшейдер должен заранее определить время, в которое Полярная звезда будет находиться в своем восточном или западном наибольшем азимуте. В астрономических календарях дается время T верхней или нижней кульминации; прибавляя или вычитая из T шесть часов, мы получим, вводя поправку на разность долгот, время наибольшей западной или восточной элонгации; но это только грубо, приблизительно, лишь бы знать, в какое время суток нужно начать установку теодолита. Для более точного определения промежутка времени t между наибольшим западным и восточным удалением рассмотрим треугольник PM_1Z : угол M_1 прямой, так как круг высот ZM_1 касателен к орбите звезды; полюсное расстояние дается в астрономическом календаре и равно p ; PZ — дополнение до высоты полюса над горизонтом

и равняется $90 - \varphi$, где φ есть широта места. Угол P —часовой угол звезды во время наибольшей элонгации. Тогда имеем:

$$\cos P = \operatorname{ctg}(90 - p) \cdot \operatorname{ctg}(90 - \varphi) = \operatorname{tg} p \cdot \operatorname{tg} \varphi.$$

Выраженный в часовой мере, этот угол P и даст нам число часов, минут и секунд звездного времени от момента верхней кульминации до наибольшей элонгации. Теперь нужно перевести это звездное время в среднее солнечное, так как момент кульминации дается в единицах среднего солнечного времени; звездные сутки равняются $23^{\text{h}} 56^{\text{m}} 4^{\text{s}}.091$ среднего времени, а потому, найдя из предыдущего уравнения P , получим:

$$\frac{t}{23^{\text{h}} 56^{\text{m}} 4^{\text{s}}.091} = \frac{P}{24'}.$$

откуда найдем для средних широт:

$$t = 5^{\text{h}} 54^{\text{m}}$$

среднего времени. Следовательно, звезда будет в наибольшем азимуте в момент $T_1 = T \pm t$.

Определив, таким образом, время нахождения Полярной звезды в ее крайнем азимуте, мы устанавливаем теодолит над той точкой, где желаем провести астрономический меридиан; ориентируем теодолит по какому-нибудь местному предмету, и когда звезда займет предвычисленное положение, визируем на нее и по горизонтальному кругу отсчитываем угол A . Так как звезда в крайнем азимуте движется только по вертикальной нити и в продолжение многих минут почти не сдвигается в сторону, то за это время можно трубу перевести через зенит, т. е. получить из этих двух отсчет. Применяется теодолит с эксцентричной трубой, чтобы можно было пользоваться искусственным горизонтом (он необходим, так как высота Полярной звезды весьма значительна в наших широтах).

Теперь для определения меридиана нам нужно еще знать угол Z , равный $m_1 ZN$ (между вертикалом в момент элонгации и плоскостью меридиана), который надо прибавить или вычесть, чтобы получить направление астрономического меридиана. Угол этот вычисляется:

$$\sin PM = \sin PZ \cdot \sin Z$$

$$\sin Z = \frac{\sin p}{\cos \varphi};$$

p известно из календаря, а широту φ можно или взять из хорошей географической карты, или, еще лучше, измерить теодолитом высоту Полярной звезды h в момент кульминации (это прекрасный способ, так как звезда в этот момент движется по горизонтальной нити оку-

дара). Тогда широта места, которая равна высоте полюса над горизонтом будет равна

$$\varphi = 90 - h \pm p$$

($\pm$ смотря по тому, верхняя или нижняя кульминация наблюдалась), при чем еще нужно будет ввести поправку на рефракции.

Вычислив угол, мы можем получить и направление астрономического меридиана, (т. е. азимут ориентирной линии)

$$A_1 = A \pm Z.$$

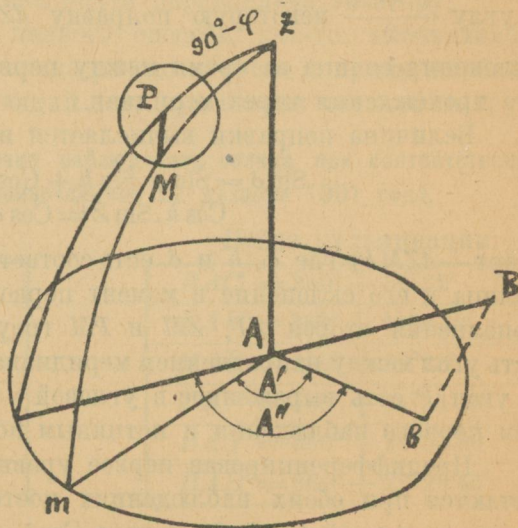
§ 4. Способ солнечных высот. Способ определения направления меридиана наблюдением за движением солнца одинаков с способом наблюдений за движением звезд, только при визировании на солнце приходится направлять трубу таким образом, чтобы ее нити касались краев солнца, потому что центр солнца ничем на его диске не отмечен.

Вследствие видимого годового движения солнца высота и азимут его изменяются неравномерно, почему в определении направления меридиана приходится вводить поправки, зависящие от изменения склонения прямого восхождения солнца за время наблюдения.

При визировании на солнце необходимо надевать на об'ектив трубы закопченное стекло.

Сущность способа определения направления меридиана наблюдением его при соответственных солнечных высотах заключается в измерении углов A' и A'' между направлением на неподвижный местный предмет и на солнце при одинаковой высоте его до и после полудня (момент верхней его кульминации) (чер. 7). Тогда угол $A = \frac{A' + A''}{2}$,

некоторая поправка, зависящая от изменения склонения солнца за время наблюдения, определит нам угол между направлением на предмет и направлением меридиана.



Черт. 7.

При определении необходимо:

1. Чтобы правильно расположить наблюдения, вычисляют по данному времени J' — дополненного наблюдения время J'' наблюдения после полдня по формуле:

$$J'' = J_0 + (J_0 - J') - 12^h,$$

где J_0 — известное из календарей среднее время в истинный полдень.

2. Для приведения измерений горизонтальных углов к центру солнца при визировании на это последнее направляют трубу таким образом, чтобы ее вертикальная нить касалась в первом наблюдении одного, а во втором другого края солнца.

3. Чтобы из данного наблюдения определить угол α между направлением на предмет и направлением меридиана, необходимо прибавить к углу $\frac{A' + A''}{2}$ некоторую поправку dZ в зависимости от изменения склонения солнца за время между первым наблюдением J' и моментом его прохождения через меридиан.

Величина поправки вычисляется из формул:

$$\begin{aligned} \sin \delta &= \sin \varphi \cdot \sin h + \cos \varphi \cdot \cos h \cdot \cos Z \\ \cos h \cdot \sin Z &= \cos \delta \cdot \sin P \end{aligned}$$

(черт.— ΔZMP) где φ , h и δ есть соответственно — широта места, высота солнца и его склонение в момент первого наблюдения, составляющая дополнения сторон ZP , ZM и PM треугольника ZPM до 90° , угол Z есть угол между направлением меридиана и первым положением солнца, и угол P есть выраженное в угловой мере время $J' - J_0$ между моментом первого наблюдения и истинным полднем.

Продифференцировав первое уравнение по δ и Z , так как φ и h остаются при обоих наблюдениях постоянными, и заменив помощью формулы второй $\cos h \cdot \sin Z$ чрез $\cos \delta \cdot \sin P$ найдем

$$dZ = - \frac{d\delta}{\cos \varphi \cdot \sin P},$$

где $d\delta$ мы можем принять равным $\frac{\delta'' - \delta'}{2}$ — половине изменения склонения за время между наблюдениями и

$$P = J' - J_0 = \frac{J'' + 12^h - J'}{2}$$

(прибавление 12^h к времени J'' после полуденного наблюдения станет понятным, если вспомнить как ведется счет часов).

Чтобы вычислить dZ нам остается только определить $\delta'' - \delta'$, так как все остальные величины известны.

Для такого определения служат имеющиеся в календарях таблицы, в которых дано склонение солнца в полдень каждого дня, взяв разность $D_2 - D_1$ между склонениями данного дня и следующего, мы вычислим по формуле:

$$\frac{\delta'' - \delta'}{\tau'' + 12^h - \tau'} = \frac{D_2 - D_1}{24^h},$$

предполагая изменение склонения в течение суток совершающимся равномерно.

Зная же $\delta'' - \delta'$ легко вычислить и величину поправки dz .

Так как изменение склонения зависит главнейше от наклона эклиптики к экватору, то становится вполне понятным, что для определения направления наиболее пригодны периоды летнего и зимнего солнцестояния, когда эклиптика почти параллельна экватору.

Остальные подробности данного способа, как-то: необходимость производить наблюдения несколько раз до и после полудня, необходимость повторить их на следующий день при втором положении трубы.

Определение направления меридиана наблюдением солнца при соответственных солнечных высотах, произведенное 22 декабря 1901 года.

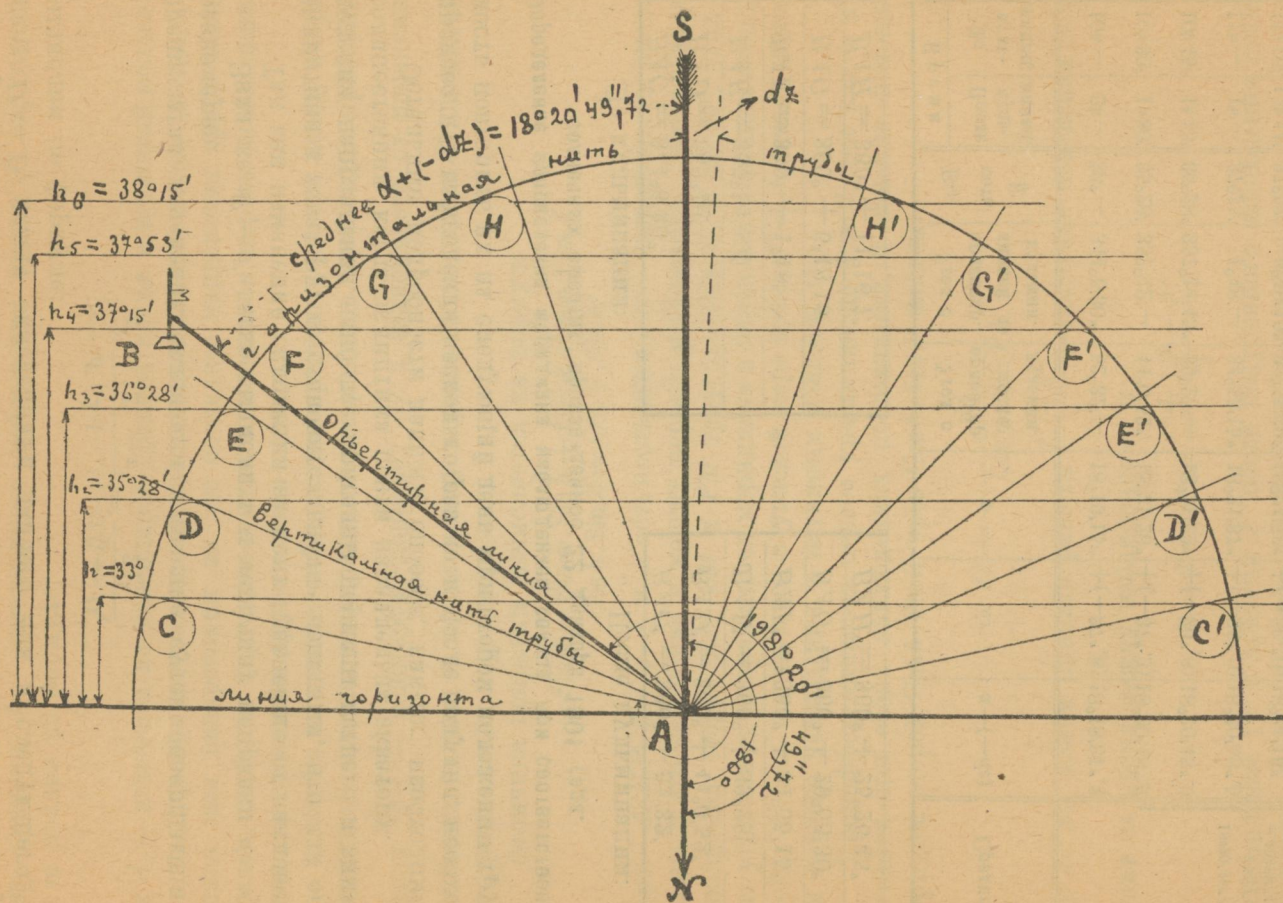
До кульминации:

$BAC = 344^\circ 6' 30''$
$BAD = 352^\circ 42'$
$BAE = 357^\circ 14' 45''$
$BAF = 360^\circ + 1^\circ 48'$
$BAG = 360^\circ + 6^\circ 48' 15''$
$BAH = 360^\circ + 11^\circ 16' 7''$

После кульминации:

$BAC' = 360^\circ + 52^\circ 32'$
$BAD' = 360^\circ + 44^\circ 0' 52''$
$BAE' = 360^\circ + 39^\circ 28'$
$BAF' = 360^\circ + 34^\circ 55' 15''$
$BAG' = 360^\circ + 29^\circ 55' 30''$
$BAH' = 360^\circ + 25^\circ 26' 45''$

Время		Высота	Угол с ориентир. линией до кульмин.	Угол с ориентир. после кульмин.	α	dz	$\alpha + (-dz)$	Среднее
До кульминации.	После кульминации.							
10 ^h —	2 ^h —	33° —	344° 6' 30"	52° 32' —	18° 19' 15"	+ (—37", 8)	18° 18' 37", 2	$\left. \begin{array}{l} 18^\circ 20' 49'', 72 + \\ + 180^\circ = \\ = 198^\circ 20' 49'', 72 \end{array} \right\}$
10 ^h 30'	1 ^h 30'	35° 28'	352° 42' —	44° 0' 52"	18° 21' 26"	+ (—37", 2)	18° 20' 48", 2	
10 ^h 45'	1 ^h 15'	36° 28'	357° 14' 45"	39° 28' —	18° 21' 22"	+ (—36", 6)	18° 20' 45", 9	
11 ^h —	1 ^h —	37° 15'	1° 48' —	34° 55' 15"	18° 21' 37"	+ (—36", 0)	18° 20' 58", 5	
11 ^h 16'	12 ^h 44'	37° 53'	6° 48' 15"	29° 55' 30"	18° 21' 52"	+ (—36", 0)	18° 21' 16"	
11 ^h 30'	12 ^h 30'	38° 15'	11° 16' 7"	25° 26' 45"	18° 20' 56"	+ (—36", 0)	18° 20' 20"	



Чертеж 8.

Из отдельных наблюдений нескольких пар средняя ошибка определение угла

$$\Delta\alpha_0 = \sqrt{\frac{\sum (\alpha_0 - \alpha_n)^2}{n(n+1)}} = \pm 5''$$

Поправка dz

$$dz = -\frac{d\delta}{\cos \varphi \cdot \sin P} = -\frac{d\delta}{A}$$

можно принять

$$d\delta = \frac{\delta'' - \delta'}{2}$$

(половине изменения склонения за время между наблюдениями).

Чтобы правильно расположить наблюдения, вычисляют по данному времени, в календарях таблицы, в которых дано склонение солнца в полдень каждого дня. Взяв разность $D_2 - D_1$ между склонениями данного дня и следующего, мы вычислим $\delta'' - \delta'$ по формуле

$$\frac{\delta'' - \delta'}{\tau'' + 12^h - \tau'} = \frac{D_2 - D_1}{24^h}$$

τ_0 — время, известное из календарей среднее время в истинный полдень;

τ' — время дополненного наблюдения;

τ'' — время наблюдения после полдня

$$\tau'' = \tau_0 \pm (\tau_0 - \tau') - 12^h;$$

φ — широта места = $48^\circ 14' 35''$;

h — высота солнца;

δ — склонение солнца за время между наблюдениями ($\delta'' - \delta'$), угол

P — есть выраженное в угловой мере время;

$\tau' - \tau_0$ между моментами первого наблюдения и истинным полднем.

Расчет углов.

$$1) \text{ CAS} = \frac{CAC'}{2} = \frac{CAB + BAC'}{2} = 34^\circ 12' 45'';$$

$$\alpha_1 = BAS = CAS - CAB = 18^\circ 19' 15'';$$

$$2) \text{ DAS} = \frac{DAD'}{2} = \frac{DAB + BAD'}{2} = 25^\circ 39' 26'';$$

$$\alpha_2 = BAS - DAS = DAB = 18^\circ 21' 26'';$$

$$3) \text{ EAS} = \frac{EAE'}{2} = \frac{EAB + BAE'}{2} = 21^\circ 06' 37'',5;$$

$$\alpha_3 = BAS = EAS - EAB = 18^\circ 21' 22'',5;$$

$$4) FAS = \frac{FAF'}{2} = \frac{BAF' - BAF}{2} = 16^{\circ}33'37'',5;$$

$$\alpha_4 = BAS = BAF + FAS = 18^{\circ}21'34'',5;$$

$$5) GAS = \frac{GAG'}{2} = \frac{BAG' - BAG}{2} = 11^{\circ}33'37'';$$

$$\alpha_5 = BAS = BAG_1 + G_1AS = 18^{\circ}21'52'',6;$$

$$6) HAS = \frac{HAN'}{2} = \frac{BAN' - BAN}{2} = 7^{\circ}4'49'';$$

$$\alpha_6 = BAS = BAN + HAS = 18^{\circ}20'56''.$$

Вычисление поправки dz ; наблюдения производились 22 декабря 1901 года (см. стр. 23.)

§ 5. Отметка астрономического меридиана на местности. Меридиан обозначается тремя знаками—каменьями. Средний из них имеет стерженек, над которым и устанавливается теодолит для наблюдений. Этот камень имеет высоту—1,2—1,4 метра. Определив угол между астрономическим меридианом и какой-нибудь постоянной ориентирной линией, приступают к установке крайних меридианных знаков: сперва определяют на местности только приблизительное направление меридиана (по магнитной стрелке или теодолита) и устанавливают по этому направлению две вертикальные стойки с перекладиной. Наблюдатель, установив прибор на среднем камне, визирует после самой тщательной центрировки своего теодолита на тот предмет, азимут которого он наблюдал при астрономических наблюдениях, затем он приводит трубу в плоскость астрономического меридиана и условными знаками заставляет своего помощника передвигать острие указателя вдоль перекладины, пока оно не совпадет с пересечением нитей, — помощник делает черточку. Затем наблюдатель переводит трубу через зенит и вновь заставляет помощника передвигать острие до совпадения его с пересечением нитей. Это продлевается несколько раз, после чего по всем намеченным точкам определяется среднее арифметическое направление, которое и отмечается на перекладине каким-нибудь особым знаком. После этого остается центрировать под точкой меридианный камень. Делается это так: из „средней арифметической“ точки перекладины опускают отвес, роют под ним яму, спускают на выравненное дно ее камни, затем большой камень, обтесанный сверху, ориентируют края его по меридиану и закладывают кирпичами на цементе; на выравненной верхней плоскости камня радиусом в 1—2 сантиметра описывают окружность, под отвесом высверливают углубление, и вставляют латунный стержень, острие которого строго центрируется под отвесом. Такой же камень ставится

	$\tau_0 - \tau' =$ $\tau'' + 12^h - \tau'$	24h	φ Sin φ	$\lg(D_2 - D_1)$	$\delta'' - \delta' =$ $(\tau'' + 12^h - \tau')(D_2 - D_1)$ 24h	$d\delta =$ $\delta'' - \delta'$ 2	$P = \tau_0 - \tau'$ Sin P	$A =$ Cos φ Sin P	$\lg\left(\frac{d\delta}{A}\right)$	dz	$\alpha_n + (-dz)$	$\alpha_n + (-dz) +$ $+180^\circ$
1	$30^\circ =$ 1800'	$360^\circ =$ 21600'	$48^\circ 15' 35''$ 9.823	0.699	$\frac{1800' \cdot \lg 0.699}{21600'}$	lg 9.319	30° 9.699	9.522	9.797	$+(-37'', 8)$	$18^\circ 18' 37'', 2$	$198^\circ 18' 37'', 2$
2	$22^\circ 30'$ 1350'	—	—	—	$\frac{1350' \cdot \lg 0.699}{21600'}$	lg 9.194	$22^\circ 30'$ 9.582	9.405	9.789	$+(-37'', 2)$	$18^\circ 20' 48'', 2$	$198^\circ 20' 48'', 2$
3	$18^\circ 45'$ 1125'	—	—	—	$\frac{1125' \cdot \lg 0.699}{21600'}$	lg 9.115	$18^\circ 45'$ 9.507	9.330	9.785	$+(-36'', 6)$	$18^\circ 20' 45'', 9$	$198^\circ 20' 45'', 9$
4	15° 900'	—	—	—	$\frac{900' \cdot \lg 0.699}{21600'}$	lg 9.018	15° 9.413	9.236	9.782	$+(-36'')$	$18^\circ 20' 58'', 5$	$198^\circ 20' 58'', 5$
5	11° 660'	—	—	—	$\frac{660' \cdot \lg 0.699}{21600'}$	lg 9.018	11° 9.280	9.703	9.780	$+(-36'')$	$18^\circ 21' 16''$	$198^\circ 21' 16''$
6	$7^\circ 30'$ 450'	—	—	—	$\frac{450' \cdot \lg 0.699}{21600'}$	lg 8.717	$7^\circ 30'$ 9.116	8.939	9.778	$+(-36'')$	$18^\circ 20' 20''$	$198^\circ 20' 20''$

Среднее $\alpha + dz$ (кроме первой пары) = $18^\circ 20' 49'', 72$.

Среднее $\alpha + dz + 180^\circ = 198^\circ 20' 49'', 72$.

и в противоположном направлении меридиана. Один из камней должен быть возможно далек от среднего, а другой не дальше 8—10 сажень, т. е. настолько близко, чтобы между ними можно было натянуть шнур, на который вешается компас для определения магнитного склонения.

§ 6. Перенесение направления астрономического меридиана в маркшейдерскую комнату. Маркшейдеру очень часто бывает надобность в любой момент знать магнитное склонение; это бывает нужно при выверке инструмента, при черчении рудничных планов и т. п. Перенесение меридиана (оно всегда неточное) производится так: в комнате на прочном фундаменте ставят каменный столб с мраморной доской наверху. В поле измеряют точно магнитным прибором подвешенным на шнуре, склонения магнитной стрелки, а затем с тем же инструментом возвращаются в комнату и на столбе, зная магнитное склонение, намечают направление астрономического меридиана. Но этот способ всегда неточен: 1) в комнате всегда есть масса железа, влияющего на магнитную стрелку и 2) магнитные приборы всегда менее точны, чем теодолиты. Поэтому лучше всего для измерения магнитного склонения в любой момент особые домики, так называемые деклинатории, где намечается астрономический меридиан с помощью теодолита, а с ним уже сравнивается направление магнитного меридиана.

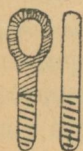
ГЛАВА ВТОРАЯ.

С'емка висячими инструментами.

§ 7. **Обозначение точек и линий в руднике и измерение их длины.** С'емка компасом и полукругом применяется в тесных горных выработках, в которых невозможно работать более совершенными инструментами, а также в тех случаях, когда от с'емки не требуется большой точности.

Эта с'емка состоит в измерении длины шнурка, натянутого между выбранными точками, определении угла наклона этого шнурка и измерении угла магнитного простираения его.

Точки выбираются или в боках, или в кровле выработки. В первом случае маркшейдерские винты (чер. 9) ввинчиваются прямо в



Черт. 9.



Черт. 10.

стойки крепи, а во втором случае избранные точки сначала помощью отвесов проектируются на лбы (срезанные края) треножников, в которые уже и ввинчиваются винты (чер. 10).

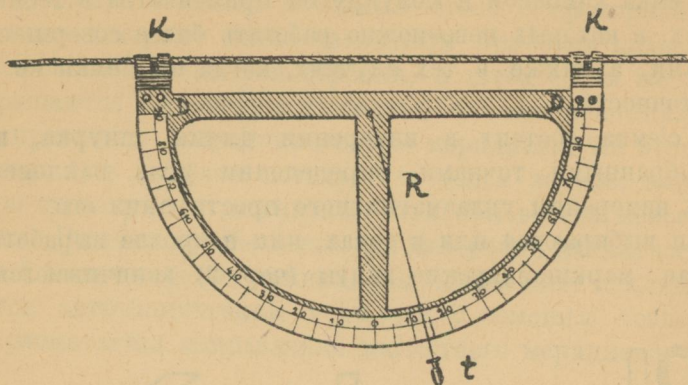
Для измерения расстояния между винтами, на первый винт набрасывается петля шелкового или пенькового (в последнем случае пропитанного маслом) шнурка, а каждый из последующих винтов тем же шнурком обматывается один или два раза, и так далее до последнего винта, где обмотанный шнурок тщательно привязывается.

Шнурок, натягиваемый между точками, берется длиной около 50 саж., диаметром $1\frac{1}{32}$ дюйма. При переноске шнурок наматывают на деревянную катушку постоянно по одному и тому же направлению, чтобы избежать рассучивания его.

Для измерения длины шнурка служит пяти или десятисаженная пеньковая тесьма, называемая рулеткой, и самое измерение производится так: конец тесьмы прикладывают к середине первого винта и,

натягивая тесьму по возможности равномерно, смотрят, какое деление ее приходится против середины следующего винта.

Для измерения угла наклоения натянутого шнура употребляется *висячий полукруг* (чер. 11), который готовится из латунной упругой пластинки, толщиной в $\frac{1}{32}$ дюйма, диаметром до 8 дюймов; для легкости в нем вырезывается 2 сектора; на матово высеребрянной дуге в обе стороны от радиуса идут деления от 0° до 90° .



Черт. 11.

Каждый градус делится на три части. В центре дуги, в пластинке *D*, имеется маленькое отверстие, сквозь которое пропускается тонкий волосок отвеса *t*, один конец которого прикреплен к диаметру винтиком, к другому же концу подвешивается отвес. К концам диаметра приделаны два загнутые в обратные стороны крючка *k*, *k'*, которыми полукруг подвешивается к туго-натяннутому шнуру; один из крючков делается подвижным.

§ 11. Поверки висячего компаса. Привесив компас к шнуру буквой *N* вперед и взяв отсчет по северному концу стрелки, мы отсчитываем на линии прибора дугу N_n , равную α_1 между диаметром *NS* ($0-180$) (чер. 12) и северным концом стрелки, т. е. угол между горизонтальной проекцией шнура и магнитным меридианом. Для правильности этого отсчета должны быть соблюдены следующие условия:

I. Деления лимба должны быть правильны. Поверка производится так же, как и для висячего полукруга.

II. Отсчитываемый угол должен быть центральным. Это условие будет соблюдено, если отсчеты по северному и южному концам стрелки при различных положениях лимба равны между собою или отличаются

ровно на 180° . Если же этого нет, то влияние эксцентриситета уничтожают, или определив его раз навсегда, взяв отсчеты α_1 и α_2 по обоим

$$\varepsilon = \frac{\alpha^2 - \alpha^1}{2}$$

концам, или беря при каждом измерении среднее арифметическое из этих отсчетов.

$$\alpha = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}$$

III. Стрелка должна быть горизонтальна и ее геометрическая ось должна находиться в плоскости магнитного меридиана.

1) Если стрелка прибора, установленного на строго горизонтальной плоскости, оказывается наклонной, то к более легкому концу ее прикрепляют для уравнивания кусочек воску и т. п.

2) Чтобы геометрическая ось стрелки располагалась в плоскости магнитного меридиана, необходимо:

а) отсутствие магнитных масс, как в самом приборе, так и вне его;

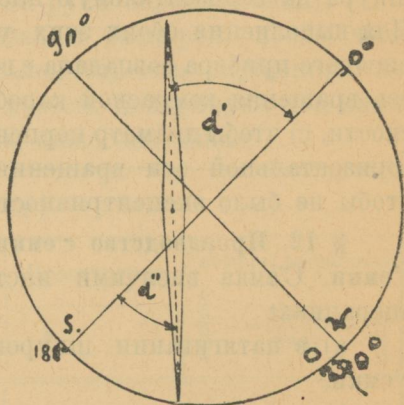
б) хорошая чувствительность стрелки;

с) совпадение магнитной оси стрелки с ее геометрической осью;

а) отсутствие магнитных масс в компасном конце проверяется

наблюдением в лупу за концом стрелки, вращая прибор в горизонтальной плоскости; конец стрелки не должен при этом задерживаться. Отсутствие магнитных масс в рамке прибора проверяется, приближая его различными сторонами к какой-нибудь весьма чувствительной магнитной стрелке: эта стрелка должна оставаться в покое. Отсутствие магнитных масс вне прибора, около шнура проверяется измерением угла простираения; в различных местах шнура отсчеты должны быть одинаковы. Если есть вблизи шнура магнитные массы, то прибор может служить только для определения угла полигона между двумя смежными горизонтальными проекциями шнуров.

б) чувствительностью стрелки называется ее способность будучи выведенной из плоскости магнитного меридиана, вновь направиться по этому меридиану с большей или меньшей точностью. Чувстви-



Черт. 12.

тельность проверяется определяя магнитный азимут какой-нибудь линии несколько раз, выводя стрелку при помощи магнита из состояния покоя и дав успокоиться: отсчеты должны быть одинаковы. Если стрелка мало чувствительна, то исследуют при помощи микроскопа острие, на котором вращается она, и ее шляпку; углубление шляпки должно быть коническим, без царапин и соринок. Если все исправно, но все таки стрелка малочувствительна, то ее нужно сильнее намагнитить. О степени чувствительности можно судить по продолжительности того времени, в течение которого стрелка, будучи выведена из состояния покоя, перестанет колебаться, так как—это доказывает теория и опыт—при одном и том же угле отклонения стрелки от положения равновесия для успокоения ей нужно тем больше времени, чем она чувствительней.

IV. Плоскость лимба должна быть горизонтальная.

V. Диаметр 0—180 компасной коробки должен совпадать с проекцией шнура на горизонтальную плоскость лимба или быть ей параллелен. Для выполнения обоих этих условий необходимо: а) чтобы плоскость висячего прибора совпадала с вертикальной плоскостью шнура, б) чтобы ось вращения компасной коробки была перпендикулярна к этой плоскости, в) чтобы диаметр перпендикулярный к диаметру был параллелен горизонтальной оси вращения и д) диаметр был горизонтален, т. е., чтобы не было эксцентricности центра тяжести.

§ 12. Производство с'емки висячими инструментами. Общий ход с'емки. С'емка висячими инструментами заключается в следующих операциях:

- а) в натягивании шнуров между винтами, отмечающими точки с'емки,
- б) в измерении их углов наклона,
- в) в измерении их длины,
- г) в измерении их углов простиранья,
- е) в с'емке подробностей выработок.

Первые четыре операции дают полное геометрическое представление о положении маркшейдерских линий в пространстве, так как дают возможность составить вертикальную и горизонтальную проекции снятого участка рудника, а последняя даст представление о нем в геологическом и техническом отношении. Перед самой с'емкой в руднике должны быть выбраны и отмечены угловые точки с'емки (весьма важная операция).

Та точка на дневной поверхности, от которой начинается рудничная с'емка, называется основной.

В руднике постоянные точки лучше всего выбирать в местах пересечения выработок и в других характерных точках рудника, при чем отмечать их нужно там, где они гарантированы от сдвижения

Шнур должен быть навит на винты в одну сторону; натяжение шнура должно быть очень сильное, равное полупуду или такое, чтобы его нельзя было изогнуть тремя пальцами.

Для измерения углов наклона, в случае крутого падения шнура (больше 30°), полукруг привешивается 2 раза у верхнего и нижнего конца шнура, при уклонах же меньше 30° полукруг вешается только в середине шнура.

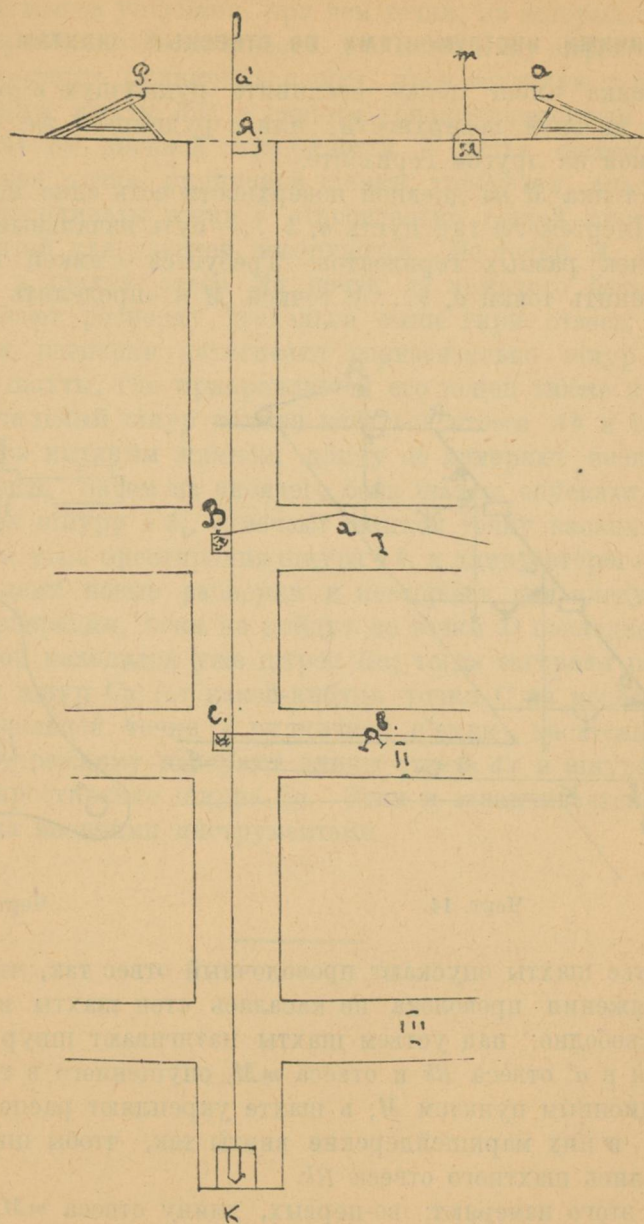
Для уничтожения погрешностей от неравенства подвесных крючков эксцентриситета и неправильности положения точки нуля, полукруг нужно перевешивать каждый раз обратной стороной и, таким образом, при наклонах шнура больше 30° для одного стана мы получим четыре отсчета по полукругу, а при углах меньше 30° —2 отсчета. Все отсчеты записываются в журнал и из них берется среднее арифметическое, которое записывается против стана. При угле наклона шнура ставится плюс или минус, смотря по тому, имеет ли он восстание или падение по направлению с'емки.

Для измерения длины шнуров применяются деревянные жезлы в одну сажень длиной, прикладывая их друг к другу до легкого стука по всей длине шнура, сперва в одном направлении, а потом в обратном и из полученных результатов берут среднее арифметическое.

В начале и в конце каждой отдельной с'емки необходимо измерить длины отвесов от винтов, отмечающих первую и последнюю постоянные точки, до шнура. Эти длины принимаются за первый и последний станы с'емки и записываются в журнале с углом наклона плюс 90 или минус 90 , смотря по тому, имеет ли шнур отвеса восстание или падение. Такое же измерение длины отвеса производится и для каждой постоянной точки, но только оно не записывается, как отдельный стан, а замечается в графе примечаний. Измерение углов простирания шнуров производится так: компас привешивают к шнуру вблизи одного из его концов, обращая прибор буквою *N* по направлению с'емки, освобождают стрелку, дают ей успокоиться, берут отсчеты по обоим ее концам и записывают в журнал среднее арифметическое из отсчетов против № стана. Записав отсчет, выводят стрелку из состояния покоя, и, когда она снова успокоится, берут второй отсчет. При круто натянутых шнурах полезно перевешивать компас разными крючками и брать среднее из отсчетов.

С'емка подробностей заключается: а) в измерении размеров выработки вверх, вниз, влево и вправо от угловых точек, б) в нанесении ординатами на шнур всех замечательных точек выработки, ее изгибов, пересечения с другими выработками и проч., в) в нанесении всех геологических особенностей. Для измерения длин употребляется рулетка. Размеры выработки измеряются по перпендикуляру к шнуру, при

чем вправо и влево считаются, обратившись лицом по направлению хода с'емки. Положение всех замечательных точек относительно шнура



Черт. 13.

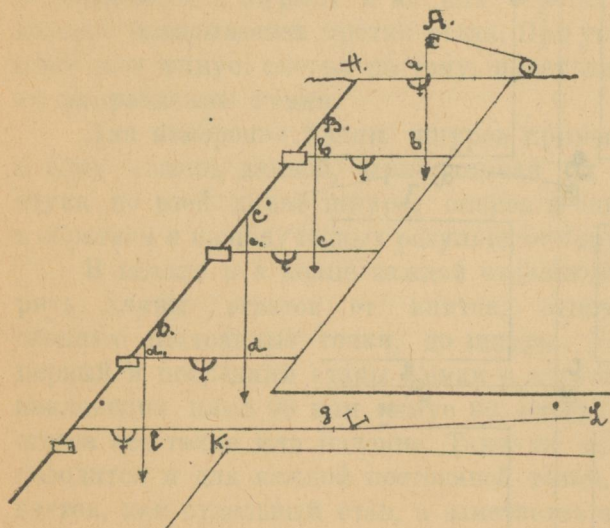
определяется: во-первых, измерением длины перпендикуляра от них до шнура, во-вторых, измерением длины по шнуру от начальной точки

до основания этого перпендикуляра и, в-третьих, измерением высоты точки над шнуром по отвесу.

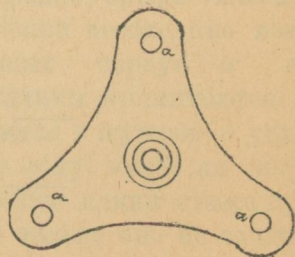
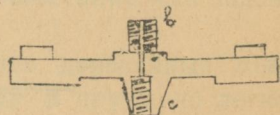
Съемка висячими инструментами по отвесным шахтам и гезенкам.

Эта съемка имеет целью соединить рудничную съемку или со съемкой на дневной поверхности, или с рудничной же съемкой, но произведенной на другом горизонте.

Пусть точка M на дневной поверхности есть одна из точек триангуляции (чертеж № 13); пусть $a, b, \dots$ — суть начальные точки рудничных точек разных горизонтов. Требуется съемкой по отвесной шахте соединить точки $a, b, \dots$ с точкой M и определить их координаты.



Черт. 14.



Черт. 15

наты. В устье шахты опускают проволоочный отвес так, чтобы на всем своем протяжении проволока не касалась стен шахты и висела совершенно свободно; над устьем шахты натягивают шнур так, чтобы он коснулся в a' отвеса Rk и отвеса mM , опущенного в точности над триангуляционным пунктом M ; в шахте укрепляют распорки B_1, C_1 и вверчивают в них маркшейдерские винты так, чтобы шнуры Ba, Cb также касались шахтного отвеса Rk .

После этого измеряют: во-первых, длину отвеса mM , во-вторых, длину, наклонение и простираение шнура ma' , в-третьих, — длины частей a_1B и a_1C и, в-четвертых, — длины наклонения и простираения шнуров Ba, Cb . После этого мы будем иметь все данные для определения координат начальных точек a_1b_1 , зная координаты пункта M .

С'емка висячими инструментами в крутопадающих выработках.

В крутопадающих выработках с'емка висячими инструментами производится всегда уступами, при чем точки, из которых опускаются отвесы, выбираются, по возможности, в висячем боку выработки. Пусть требуется соединить рудничную с'емку, произведенную в штреке KC , через наклонную шахту KR , с данным триангуляционным пунктом a (черт. № 14) на дневной поверхности в устье шахты; пусть g есть начальная точка рудничной с'емки; требуется, следовательно, определить координаты точки g относительно общей системы координат, принятой для дневной поверхности. Из точки A , взятой над a , опускают в шахту отвес Ab почти до лежащего бока шахты и здесь устраивают распорку несколько выше гири отвеса; от какой-нибудь точки распорки натягивают горизонтально шнур $b b_1$ к висячему боку шахты, где прикрепляется его конец также к распорке. Этот горизонтальный шнур должен касаться отвеса Ab и точка касания отмечается нитяным жимком; длину ab измеряют несколько раз и берут среднее. Затем из висячего бока шахты опускают отвес b_1e , касательный к шнуру $b b_1$, отмечают жимком точку касания b_1 , измеряют длину и угол простирания шнура $b b_1$ и длину второго отвеса b_1e . Затем укрепляют новые распорки и повторяют для следующих отвесов те же операции, пока не дойдут до точки D последнего отвеса, против которой находится уже штрек Ka ; тогда загоняют распорку C и натягивают шнур Cg (от какой-нибудь точки C на последние распорки до начальной точки g рудничной с'емки), касательный к отвесу De и по-прежнему измеряют длины отвеса $d'e$ и шнура Cg и наклонение и простирание шнура Cg . Этим и заканчивается соединительная с'емка висячими инструментами.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

Теодолитная рудничная с'емка.

§ 13. Задачи теодолитной с'емки. Подземная теодолитная с'емка, соответственно характеру выработок, есть с'емка полигонная, при чем измеряются: 1) длины горизонтальных проекций отмеченных в руднике линий, 2) углы между ними, 3) превышение угловых точек друг над другом, 4) детали выработок и геологические подробности.

Для вычисления координат угловых точек необходимо знать углы (d_i) истинного простираения каждого стана, который определяется по известной уже формуле:

$$\alpha_n = \alpha_1 - 180^\circ (n - 1) + (\beta_1 + \beta_2 + \dots),$$

где α_1 есть истинное простираение первого стана.

§ 14. Классификация и устройство рудничных теодолитов. Теодолиты разделяются на следующие категории:

1. а) простые; в них лимб соединен с треножником наглухо,
б) повторительные; в них лимб свободно вращается около вертикальной оси треножника.
 2. а) с центрентной трубой, — в них труба находится симметрично между поддерживающими ее стойками,
б) с эксцентентной трубой, — труба прикреплена сбоку; эти теодолиты применяются для визирования под большим углом к горизонту.
 3. Нивеллир-теодолиты, — в них есть добавочный уровень, прикрепленный вдоль трубы, чтобы можно было провести ее оптическую ось в строго горизонтальное положение.
 4. Компас-теодолиты, — в них есть компасная коробка, которая прикреплена так, что диаметр NS находится в одной вертикальной плоскости с оптической осью трубы; с таким теодолитом легко отсчитывать, кроме углов полигона, одновременно и магнитные азимуты станов.
 5. Магнит-теодолиты или ориентир-бусоли и переносные деклинатории, — в них также есть магнитная стрелка, но они приспособлены для точных и быстрых определений магнитных простирааний.
- Всякий теодолит, применяемый для рудничных с'емок, должен иметь закрытый лимб для предохранения его от загрязнения.

§ 15. Установка и центрировка теодолитов. При измерениях теодолитом лимб его должен быть строго горизонтален, а ось вращения алидады должна совпадать с отвесом над угловой точкой полигона.

При установке теодолита платформу, на которой он стоит, приводят сначала в грубо-горизонтальное положение, действуя ножками штатива, при чем смотрят, чтобы отверстие для станowego винта приходилось против отмеченной угловой точки; затем в теодолите наворачивается слабо становой винт и устанавливают его так, чтобы определенное место на уровне приходилось под отвесом, опущенным из маркшейдерского крючка в потолке выработки; затем, действуя установительными винтами, приводят лимб в строго горизонтальное положение, но непременно так, чтобы метка оставалась под отвесом при вращении всего прибора вокруг вертикальной оси; после этого закрепляют становой винт.

В рудниках теодолиты ставятся либо на штативах—в просторных выработках, либо—на распорках в узких выработках; в последнем случае в распорках высверливаются дыры для станowego винта, при чем место дыры определяется отвесом, опущенным из маркшейдерского пункта в потолке выработки.

В каменноугольных конях станы большей частью очень длинные и потому ошибка от неправильной центрировки теодолита над и под точкою не так сильно влияет на окончательный результат съемки; в металлических рудниках, где станы почти всегда весьма коротки, центрировка приборов должна производиться особенно тщательно.

§ 16. Приборы для автоматической центрировки теодолита и сигналов.

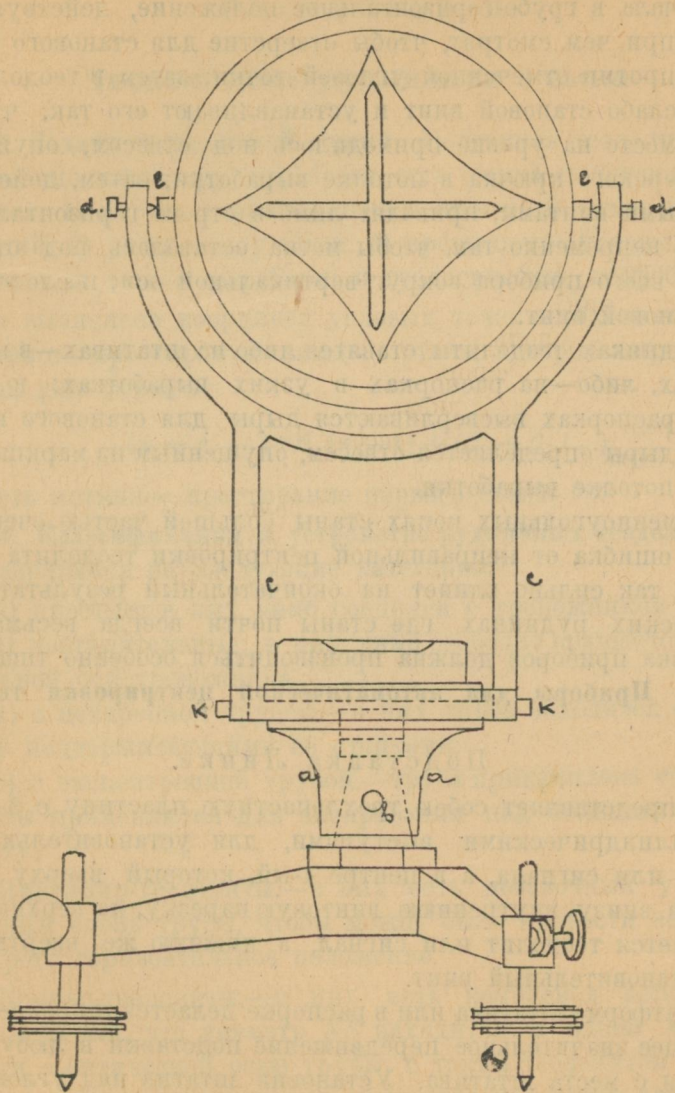
Подставка Линке.

Она представляет собою трехлопастную пластину с 3-мя небольшими цилиндрическими выступами, для установительных винтов теодолита или сигнала, а в центре 4-ый, который вверху имеет наружную, а внизу внутреннюю винтовую нарезку; на верхнюю нарезку навинчивается теодолит или сигнал, в нижнюю же ввертывается зажимно-установительный винт.

В платформе штатива или в распорке делается широкое отверстие, позволяющее значительное передвижение подставки в любую сторону, не сдвигая с места штатива. Установив штатив над угловой точкой, передвигают понемногу подставку до тех пор, пока отвес, опущенный из крючка установительного винта, не придется точно над угловой точкой. Закрепив в этом месте подставку Линке и проверив горизонтальность ее, помещают на нее теодолит. Потом, когда на место теодолита мы установим сигнал, он окажется центрированным в точности над тем же пунктом.

Сигнал Линке.

Он представляет собой (чертеж № 16) треножник с тремя установительными винтами, расстояние между которыми в точности та-



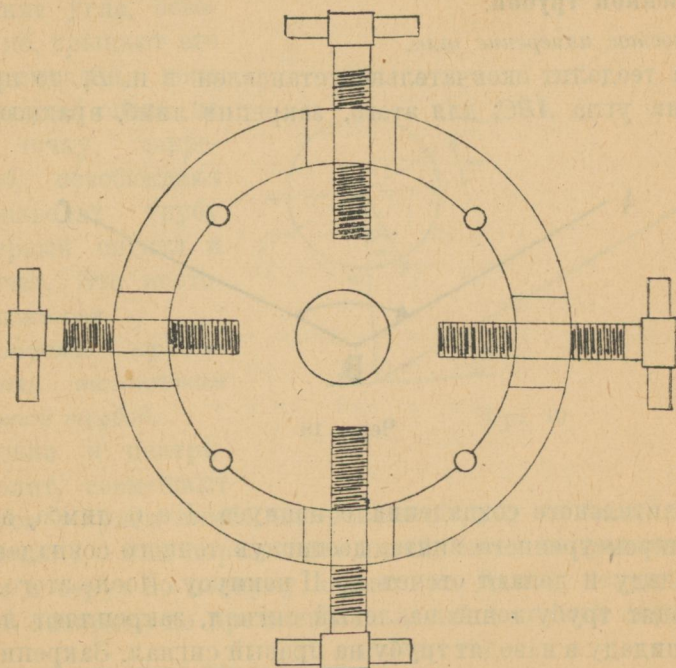
Черт. 16

кое же, как и у теодолита. В центре имеется вертикальная цапфа *b*, на которую насаживается втулка *a* с лапами *cc* и дугою *dd*; кольцо *cc*, вращающееся около шпильков *dd*, снабжено матовым стеклом, окра-

шенным в черную краску, при чем в середине оставлен полупрозрачный крест с острыми концами; на эти концы и наводится крест нитей трубы теодолита при визировании.

Установ Юнге.

Главные составные части его (чертеж № 17) суть вертикальный винт и горизонтальная крупная площадка с четырьмя винтами в ребрах. Пропустив шпindel через срединное отверстие площадки и действуя горизонтальными винтами, можно точно центрировать острие шпинделя под отвесом.



Черт. 17

В доске, к которой прикрепляется прибор Юнге, делается широкое круглое отверстие, чтобы возможны были малые передвижения шпинделя в любую сторону. На верхнюю часть шпинделя навинчивается, смотря по надобности, либо теодолит, либо сигнал. Большим недостатком установок Юнге является его неустойчивость.

Фрейбергский установительный прибор.

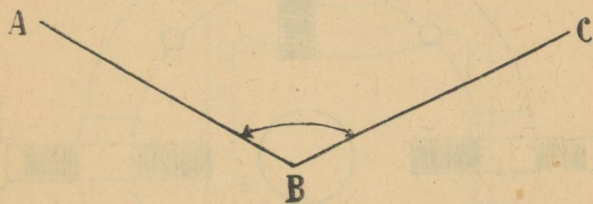
Главная его составная часть—вертикальный шпindel, прочно прикрепляемый к распорке, и горизонтальная трехлопастная платформа; шпindel сверху снабжен трехгранной призмой, на которую

насаживается платформа и к которой она прикрепляется зажимным винтом; платформа в середине снабжена полым цилиндром, служащим втулкой для шаровой головки теодолита и углублениями для установительных винтов теодолита или сигнала. При точном измерении углов наклона станов нужно тщательно проверять, чтобы высота оси вращения трубы теодолита над призмой шпинделя была в точности равна высоте сигнала. Фрейбергский установительный прибор наиболее часто употребляется, так как позволяет достигать весьма точных центрировок.

§ 17. Измерение горизонтального угла теодолитом с центрентной и эксцентренной трубой.

а) Простое измерение угла.

Когда теодолит окончательно установлен в п. В, то приступают к измерению угла ABC ; для этого, закрепив лимб, вращают алидаду



Черт. 18

до приблизительного совпадения 0 нониуса I с 0 лимба, а затем при помощи микрометричного винта, достигнув точного совпадения, закрепляют алидаду и делают отсчет по II нониусу. После этого, освободив лимб, наводят трубу точно на левый сигнал, закрепляют лимб, освобождают алидаду и наводят трубу на правый сигнал. Закрепив алидаду, отсчитывают показания нониусов, первого и второго. Тогда искомый угол полигона выразится разностью отсчетов.

Затем переводят трубу через зенит и повторяют весь цикл только что описанных манипуляций; в результате получают новое значение измеряемого угла, окончательный же результат получится, если взять из них среднее арифметическое.

Весь цикл называется одним приемом.

б) Способ приемов.

Состоит он в многократном повторении вышеописанного одного приема, но для уменьшения влияния погрешностей делений лимба, отсчитывание углов распределяют симметрично по всему лимбу, т. е. только при первом приеме нуль нониуса совмещают с нулем лимба.

а затем, если намерены произвести n приемов, нуль нониуса совмещают с $\left(\frac{180}{n}\right)^\circ$ делением лимба и далее при каждом новом приеме передвигают это совмещение на $\left(\frac{180}{n}\right)^\circ$.

При полигонной с'емке обыкновенно $n=1$, при триангуляции $n=(2-6)$, смотря по требуемой точности измерений.

с) *Способ повторений*. При этом способе необходим репетиционный теодолит.

Окончив первое простое измерение угла, освобождают лимб, вращают его вместе с алидадой, пока труба направится снова на начальную точку, закрепляют лимб, освобождают алидаду, наводят трубу снова на первый сигнал и делают отсчет. Это повторяют несколько раз.

д) *Измерение горизонтального угла теодолитом с эксцентричной трубой*.

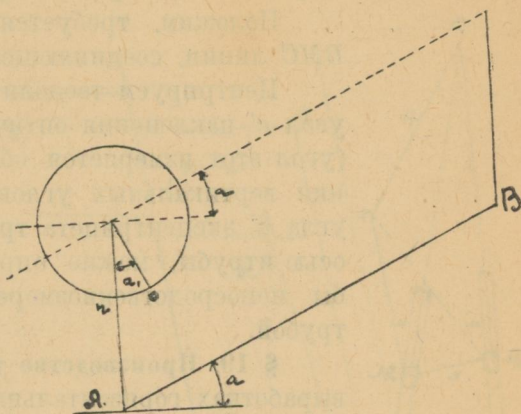
Установив и центрировав теодолит, совмещают нуль нониуса с нулем лимба, направляют трубу на левый сигнал и точно совмещают с ним пересечение нитей; затем направляют на правый сигнал и берут по нониусу отсчет α . Далее, переводят трубу через зенит, визируют по прежнему на левый и правый сигнал, берут отсчет β , тогда искомый угол будет $\frac{\alpha + \beta}{2}$.

Ход измерения при обоих положениях трубы ничем не отличается от соответствующих измерений теодолитом с центрентной трубой. Для увеличения точности здесь могут быть применены те же два способа измерения, которые применялись и при измерении угла теодолитом с центрентной трубой.

§ 18. Измерение угла наклона теодолитом с центрентной и эксцентричной трубой.

а) *Измерение с центрентной трубой*.

Установив инструмент, приводят трубу его в горизонтальное положение и измеряют высоту центра объектива над точкой. Далее, в



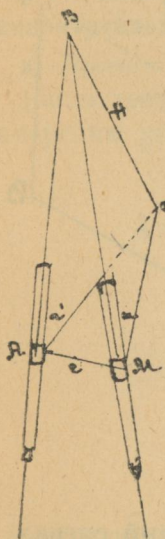
Черт. 19

конце линии отмечают точку, высота которой над почвой равна измеренной высоте инструмента над точкой; наводят пересечение нитей на сделанную отметку и берут отсчет по нониусу вертикального круга. Величина отсчета α и даст нам угол наклона луча зрения ab или линии AB к горизонту, если инструмент был установлен верно. Для уничтожения погрешности, происходящей от неверного положения нуля на нониусах, каждый угол измеряется два раза, переводя трубу через зенит, и из этих отсчетов берут среднее арифметическое, которое и даст нам истинную величину угла наклона визирного луча.

б) *Измерение угла с эксцентричной трубой.*

Положим, требуется измерить угол наклона BMC линии, соединяющей точки B и C (черт. 20).

Центрируем теодолит над точкою M и измеряем угол α' наклона оптической оси трубы к горизонту (угол этот измеряется обыкновенным способом измерения вертикальных углов теодолитом). Зная величину угла α' эксцентрицета трубы и высоту H сигнала над осью и трубы, можно определить угол α , который был бы непосредственно измерен теодолитом с центрентной трубой.



Черт. 20

§ 19. Производство теодолитной с'емки. С'емка в выработках горизонтальных и пологих.

а) *выбор и отметка угловых точек.*

Выбор и отметка угловых точек при рудничной теодолитной с'емке производится по заранее составленному от руки, приблизительному плану выработок, подлежащих с'емке, при чем соблюдаются следующие правила:

- 1) Точки стояния с инструментом должны быть выбраны на возможно большем расстоянии друг от друга.
- 2) Длины станов должны быть приблизительно равными; большей частью при теодолитной с'емке длина станов берется равной 25—40 сажений.
- 3) Надо стараться, чтобы точки стояния были на всех перекрестках выработок, и наилучше, если инструмент центрируется под постоянными маркшейдерскими пунктами, так как в таком случае всегда удобно проверить с'емку.
- 4) Начальная точка с'емки на дневной поверхности должна быть отмечена прочным лохштейном.

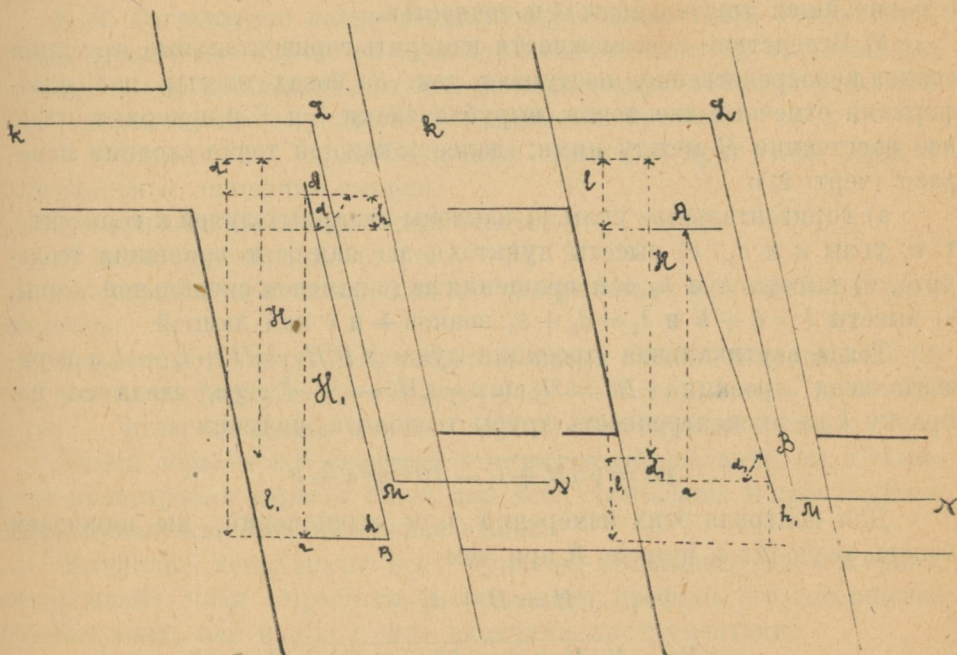
д) *Измерение углов полигона.*

При измерении углов в руднике лучше всего помещать теодолит на распорке, так как такое его положение будет наиболее устойчи-

вым; если же приходится помещать теодолит на штативе, то, во-первых, штатив должен быть с раздвижными ножками, а, во-вторых, для большей устойчивости одну ножку его следует ставить на шпалу рельсового пути, а под две другие подкладывать доску. Сигналами при визировании в руднике служат отвес, лампа или особые сигналы.

Измерив угол, нужно тут же, не сходя с места, произвести поверочные вычисления.

с) *Измерение линий.*



Отличительные черты этой с'емки состоят в следующем:

1) Теодолит применяется с эксцентренной трубой, с призматическим окуляром или с искусственным горизонтом.

2) Теодолит и сигнальные лампы помещаются на особых платформах.

3) Так как центр платформы не отмечается, да и сама платформа укрепляется только на время с'емки, то, следовательно, с'емка здесь производится с потерянными точками.

4) Вследствие важности соединительной с'емки и отсутствия в большинстве случаев постороннего контроля, она должна производиться с величайшей тщательностью и точностью.

5) Вследствие невозможности измерять горизонтальные проекции станов непосредственно, поступают так: на боках шахты, над платформами отмечают две точки, вырубая знаки $+$ и V и измеряют отвесное расстояние H между ними; далее в каждой точке стояния измеряют (черт. 21):

а) горизонтальные углы, б) наклоны визирных лучей к горизонту, т. е. углы α и α_1 , в) высоты пунктов $+$ и v над осью вращения теодолита, д) высоты h и h_1 оси вращения над пламенем сигнальной лампы, е) высоты $l = d + h$ и $l_1 = d_1 + h_1$ знаков $+$ и v над лампой.

Тогда вертикальная проекция луча $AB, H_1 = H + l_1 - d$, а горизонтальная проекция $Ba = H_1 \operatorname{ctg} \alpha = (H + l_1 - d) \operatorname{ctg} \alpha$, введя же поправку l на эксцентренность трубы теодолита, получим

$$Ba = \sqrt{(H + l_1 - d)^2 \operatorname{ctg}^2 \alpha + l^2}$$

Для контроля этих измерений или вычислений, мы помещаем теперь теодолит в пункте B , при чем

$$H = H + d_1 - l$$

$$Ba = \sqrt{(H + d_1 - l)^2 \operatorname{ctg}^2 \alpha + l^2}.$$

Общий ход с'емки в крутопадающих выработках.

Для производства соединительной с'емки выбирают возможно широкую шахту; в точках ее пересечения с горизонтальными выработками выбирают угловые точки с'емки; если этих точек недостаточно, т. е. если нельзя визировать с одной из них непосредственно на соседнюю, то выбирают еще и промежуточные точки.

Вблизи намеченных точек устраивают досчатые помосты, в которых оставляются большие отверстия для свободного визирования; не высоко над помостами в крепь выработки ввертывают платформы так, чтобы, стоя на помосте и установив сигнал или теодолит, можно было удобно работать.

На стенках выработки намечают знаки для определения вертикальной и горизонтальной проекции станов. Во время работ нужно иметь не менее трех платформ: одну—для теодолита и две—для сигналов. Лучше всего, если маркшейдер имеет при этом двух помощников, которые ввинчивают платформы и стоят возле сигнальных ламп при визировании.

В черновой журнал съёмки заносятся не только непосредственные измерения, но также и пояснительные эскизы, на которых показываются, как относительные положения пунктов съёмки, так и все особенности выработки.

§ 21. Составление плана теодолитной съёмки. План теодолитной съёмки рудника составляется исключительно по способу вычисленных координат, так как только этот способ соответствует точности теодолитных измерений; поэтому здесь необходимо вычислить:

- 1) превышение маркшейдерских пунктов друг над другом (вертикальные проекции станов),
- 2) горизонтальные проекции станов,
- 3) углы простираия станов,
- 4) координаты начальной точки относительно принятой системы координат.

Величины (1) и (2) получаются во время съёмки, величины же (3) получаются по формуле: $\alpha_n = \alpha_1 + (\beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_{n-1}) - (n-1) \cdot 180^\circ$, где $\beta_1, \beta_2, \dots$ углы полигона, а $\alpha, \alpha_n, \dots$ углы простираия станов.

Таким образом, все сводится к определению величин (4), а также угла простираия первого стана, для чего, собственно, и производится ориентирная или соединительная съёмка.

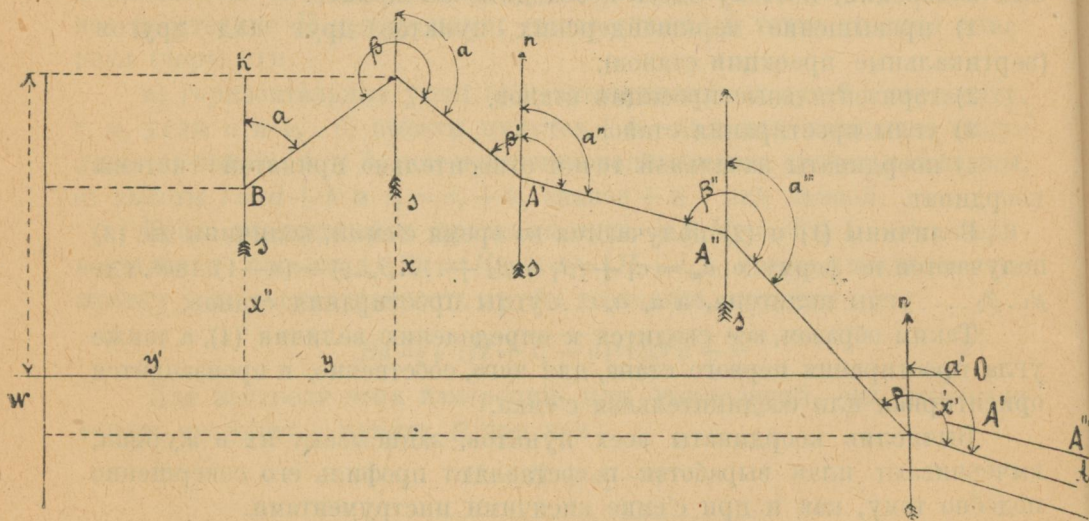
Вычислив координаты всех пунктов, записывают их в журнал, вычерчивают план выработок и составляют профиль его совершенно подобно тому, как и при съёмке висячими инструментами.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

Ориентировка рудничной с'емки.

§ 22. Задача ориентирной с'емки. Общие замечания.

Для правильного ориентирования рудничной с'емки относительно дневной поверхности необходимо определить, во-первых, угол простира-ния первого стана относительно меридиана, а, во-вторых, координаты начальной точки с'емки относительно общей системы координат; это



Черт. 22.

достигается путем соединения рудничной с'емки с триангуляционными пунктами на дневной поверхности, взятыми близ устья шахты или штольни.

Если рудник сообщается с дневной поверхностью штольни или пологой шахты, то поступают так.

Пусть A и B суть две данные точки триангуляции с координатами $(X, Y$ и $Z)$, (X_1, Y_1, Z_1) , а A_1A_2 — штольня или наклонная шахта (черт. 22);

Для определения угла простира-ния α_1 начального стана A_1A_2 и координат XYZ начальной точки A_1 рудничной с'емки, делают теодолитную с'емку по полигону BA ; при чем угол простира-ния α первой

стороны BA берут или прямо из журнала триангуляции или вычисляют из треугольника ABk .

Затем, измерив теодолитом углы полигона $\beta_1, \beta_n, \beta'_n$ вычисляют углы простираения

$$\alpha_n = \alpha + \beta - 180^\circ$$

$$\alpha_n = \alpha + \beta + \beta_i - 2 \cdot 180$$

Далее, измерив горизонтальные проекции l, l'' ориентирной с'емки вычисляют приращения координат каждой точки полигона и получают, наконец, координаты X, Y начальной точки A_1 рудничной с'емки.

Если рудник сообщается с дневной поверхностью через одну отвесную шахту, то в таком случае оказывается невозможным определить угол между ориентирной линией AB на дневной поверхности и начальным станом A_1B_1 рудничного полигона при помощи простой теодолитной с'емки между ними, а нужны особые приемы; таких приемов есть два:

- 1) ориентирование при помощи шахтных отвесов и теодолита,
- 2) ориентирование при помощи особых магнитных приборов.

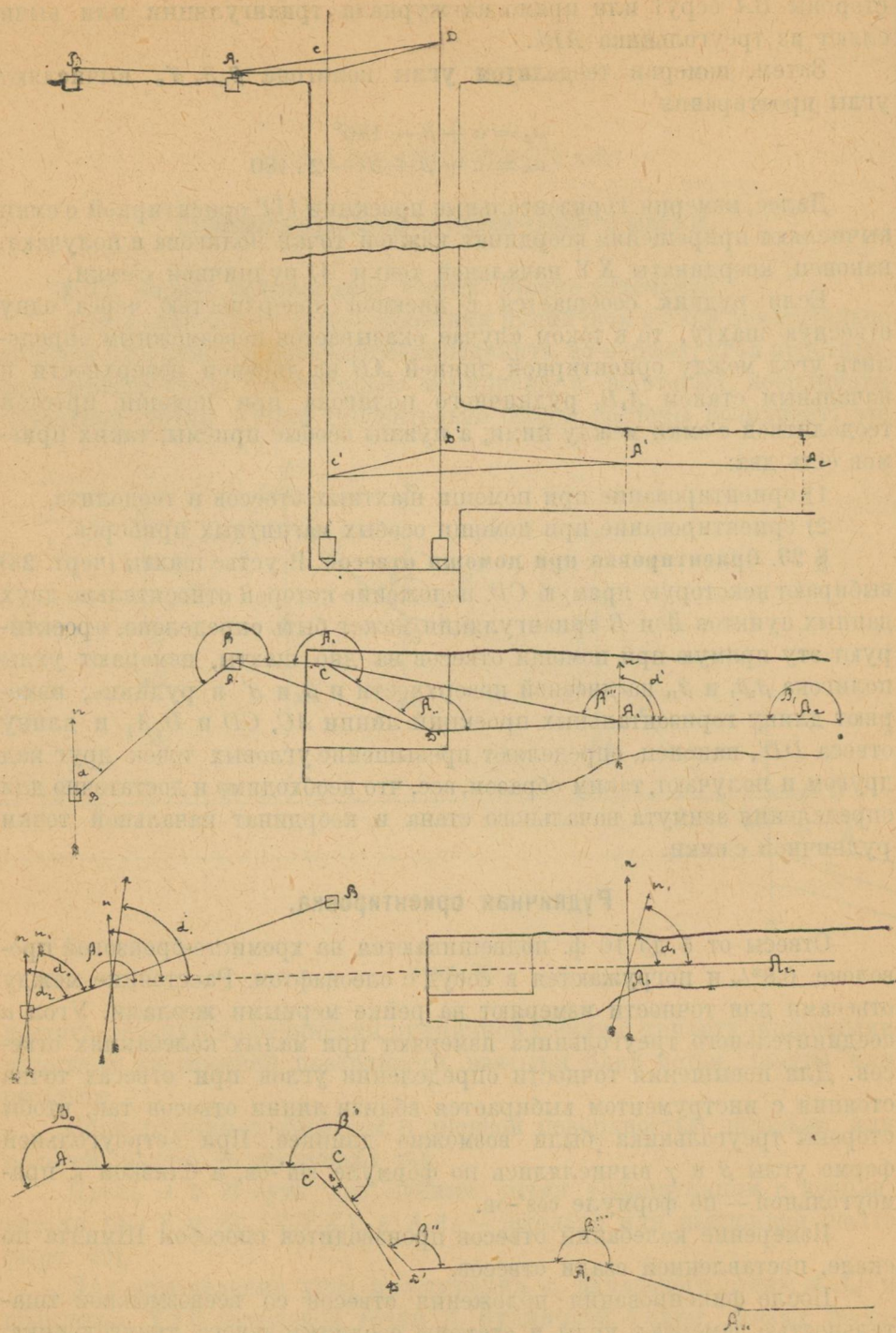
§ 23. Ориентировка при помощи отвесов. В устье шахты (черт. 23) выбирают некоторую прямую CD , положение которой относительно двух данных пунктов A и B триангуляции может быть определено, проектируют эту прямую при помощи отвесов на дно шахты, измеряют углы полигона β_1, β_n и β'_n на дневной поверхности и β и β' в руднике; измеряют длину горизонтальных проекций линии AC, CD и D_1A_1 и длину отвеса DD' , наконец, определяют превышение угловых точек друг над другом и получают, таким образом, все, что необходимо и достаточно для определения азимута начального стана и координат начальной точки рудничной с'емки.

Рудничная ориентировка.

Отвесы от 5 до 10 ф. подвешиваются на хромисто-бронзовой проволоке, $0,8^m/m$ и погружаются в сосуд с олеонафтом. Расстояние между отвесами для точности измеряют на рейке мерными жезлами. Угол α соединительного треугольника измеряют при малых колебаниях отвесов. Для повышения точности определения углов при отвесах точка стояния с инструментом выбирается вблизи линии отвесов так, чтобы стороны треугольника были возможно длиннее. При остроугольной форме углы β и γ вычислялись по формуле $\sin'$ -ов, а близкой к прямоугольной — по формуле $\cos'$ -ов.

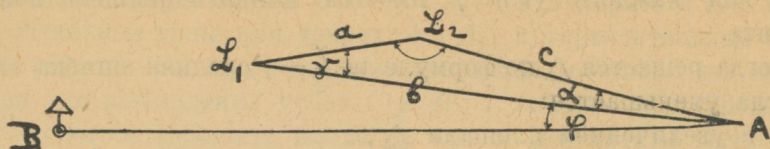
Измерение колебаний отвесов производится способом Шмидта по скале, поставленной сзади отвесов.

После фиксирования положения отвесов со всевозможной тщательностью замеряют углы и стороны соединительного треугольника.



Вследствие колебания отвесов в различных плоскостях — точное определение углов и измерение сторон затруднительно.

Обозначим азимут плоскости отвесов через V_1^2



Чер. 24.

Тогда из черт. 24 получим равенство:

$$V_1^2 = V_a^b + \varphi \pm 180^\circ - \gamma,$$

в котором неизвестен угол γ .

Для вычисления последнего пользуются одной из следующих формул:

$$\sin \gamma, \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2}, \operatorname{tg} \frac{\gamma - \beta}{2} \cos \gamma.$$

Соединительный треугольник, в котором измерены a , b , c и γ . Искомый угол β получится из формулы:

$$\sin \beta = \frac{b}{c} \sin \gamma.$$

Проф. Улих, после дифференцирования этой формулы, рекомендует: а) выбирать возможно остроугольный треугольник с длинными сторонами; б) вычислять углы по формуле для $\sin \beta$; в) если треугольник имеет форму, близкую к прямоугольной, то вычисление вести по формуле для

$$\cos \beta = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}$$

Вейс полагает, что при определении угла γ , надо его выбрать возможно малым, а, кроме того, противоположную сторону c сделать возможно меньшей по отношению к стороне a .

Для наивыгоднейшей формы соединительного треугольника необходимо: 1) точку стояния с теодолитом выбирать возможно близко к плоскости отвесов, чтобы уменьшить влияние погрешностей измерения сторон соединительного $\triangle$; 2) сторона C , противоположная вычисляемому углу, не должна быть значительной длины; этим уменьшится влияние погрешности измерения угла α .

Влияние обеих погрешностей исчезает при установке теодолита в точке L_2 , т. е. при непосредственном измерении углов при отвесах.

Точность вычисления угла γ по формуле для $\sin'$ -а повышается:

- 1) при увеличении расстояния a между отвесами;
- 2) при остроугольной форме соединительного $\triangle$ -ка;
- 3) при увеличении точностей измерений угла и сторон $\triangle$ -ка и
- 4) для каждого угла γ имеется наивыгоднейшее положение теодолита.

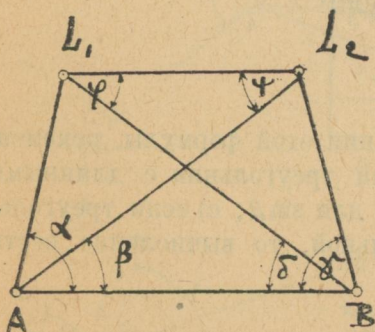
Когда решается $\triangle$ по формуле $\operatorname{tg}^2 \frac{\gamma}{2} = \dots$, средняя ошибка вычисления угла уменьшается:

- 1) с увеличением площади $\triangle$;
- 2) с уменьшением противоположной вычисляемому углу стороны;
- 3) с уменьшением подкоренного количества.

Но величина подкоренного количества $= 1$ при $\cos \alpha = \cos \beta = \cos \gamma = 0$, что возможно лишь при $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$, а этого нет.

При определении углов $\triangle$ по формуле tg' -ов легче выбрать наивыгоднейшую форму $\triangle$, а потому этим способом чаще пользуются.

Если выработки около шахты делают невозможным применение $\triangle$ надлежащей формы, то пользуются задачей Ганзена. Принимают отвесы L_1, L_2 , за неприступные точки, координаты которых уже известны из поверхностной съемки—определяют точки A, B (черт. 24а).



Чертеж 24а.

Для решения задачи достаточно измерить углы $\alpha, \beta, \gamma, \delta$. По этим данным определяются углы φ, ψ и все стороны четырехугольника, после чего можно вычислить азимут и координаты линии AB . Для контроля точности решения задачи измеряется также сторона AB .

Наивыгоднейшее расположение точек, как доказывает профессор В. И. Бауман, бывает при расположении их по диагоналям квадрата, так как определение искомых точек, получающихся пересечением двух

прямых L_2A и L_1A, L_1B и L_2B , должно быть наиболее точным, и что при надлежащем расположении точек A и B стояния инструмента относительно линии, соединяющей отвесы, необходимые для ориентировки углы при отвесах, могут быть определены с точностью, равной непосредственному измерению их при отвесах теодолитом по способу Юнге.

Особенно удобно применять этот способ, когда к длинным бокам шахты примыкают с обеих сторон два квершлага, сделав расстояние между отвесами возможно большим.

§ 24. Ориентировка по способу Вейсбаха. Так как на практике не удобно измерять углы при отвесах, ибо трудно центрировать здесь прибор, то Вейсбах предложил строить на поверхности и в руднике соединительные треугольники CAD и CA_1D^1 и измерять в них прямо: 1) горизонтальные углы при точках A и A_1 , 2) горизонтальные проекции всех сторон,—тогда мы получим данных даже больше, чем сколько их нужно для вычисления углов C и D^1 , т. е. для ориентировки.

Но в способе Вейсбаха плохо то, что в результаты вычисления углов C и D^1 войдут целиком все ошибки измерения в обоих треугольниках.

Выбор точек C и D и их отметка.

Выбор точек C и D в устье шахты обуславливается тем, чтобы опущенные из них отвесы были свободны по всей глубине шахты, и чтобы треугольники CDA и $C_1D^1A_1$ были в наивыгоднейшей форме. Точки C и D отмечаются на бруске, укрепляемом на верхнем венце шахтной крепи совершенно также, как было описано в главе о висячих инструментах.

Измерение углов в точках.

На дневной поверхности измеряют углы полигона BAC и BAD , а в руднике—углы $A_2A_1C^1$ и $A_2A_1D^1$, а по их разности определяют и углы A и A_1 ; при этом непременно нужно наводить трубу сначала на неподвижные сигналы в точках B и A_2 , а потом уже на колеблющуюся проволоку отвеса.

Но так как колебания отвесов все-таки сильно вредят точности определения углов A_2A_1C и A_2A_1D , то Шмидт предложил воспользоваться этими самыми колебаниями: за отвесами перпендикулярно к лучу зрения он помещал шкалу с делениями, освещаемую лампой и, наблюдая за колебаниями отвеса, он записывал три крайних положения отвеса, проектирующегося на то или иное деление шкалы; тогда если эти деления были a , b и a_1 , то среднее положение отвеса вычислялось по формуле:

$$a_0 = \frac{a + a_1 + 2b}{4}$$

и это определение повторялось несколько раз.

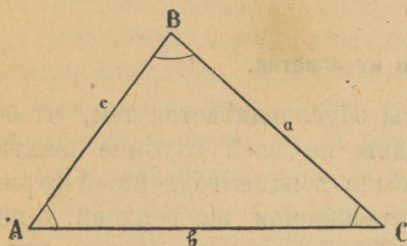
Измерение линий.

Измерение линий производится жезлами по натянутому шнуру, при чем углы их наклона к горизонту измеряются висячим полукругом. Измерение длин A_1C' и A_1D' затрудняется тем, что отвесы

колеблются,—поэтому Шмитт предложил здесь также помещать шкалу с делениями и, наблюдая в трубу несколько качаний, определять по ним среднее положение отвеса, которое и отмечают ниточкой на шнуре, натянутом касательно к отвесу до точки.

Вычисление треугольников.

Вычисление треугольников (чер. 25) здесь должно быть произведено, как можно точнее, в особенности же точно должны быть вычислены



Чер. 25.

углы при отвесах, так как от их правильности зависит правильность ориентировки всей рудничной с'емки. Данными для вычисления треугольников служат угол A и все стороны; особенно тщательно нужно измерять расстояние между отвесами a и угол A , углы же C и D лучше всего определять по формулам

$$\sin C = \frac{c}{a} \sin A \text{ и } \sin D = \frac{d}{a} \sin A,$$

после чего уравниваем суммы углов треугольника до 180° и контролируем вычисления формулой:

$$a^2 = c^2 + d^2 - 2cd \cos A.$$

Зная, таким образом, углы при отвесах, можно уже приступить к определению азимута начального стана и координат начальной точки A рудничной с'емки. Если необходимо произвести особенно точную ориентировку, то ее вычисляют по нескольким парам опущенных в шахту отвесов, или же пользуются одной парой отвесов, но становятся с теодолитом в двух различных точках, как на поверхности, так и в руднике, т. е. пользуются не одним треугольником, а двумя.

Условия наивыгодности соединительных треугольников.

Главный недостаток способа Вейсбаха состоит в том, что точки, взятые у устья шахты, проектируются отвесом неправильно, т. е. линия, соединяющая отвесы устья шахты, не лежит в одной вертикальной плоскости с линией, соединяющей те же отвесы на дне шахты. Происходящая отсюда ошибка ориентирования будет тем больше, чем хуже производились измерения элементов соединительных треугольников, и тем меньше, чем больше расстояние между отвесами, т. е., чем шире шахта и чем ближе углы A и B соединительного треугольника подходят один к 0° , а другой к 180° .