

С. М. Соловьевъ.

СОКРАЩЕННЫЙ КУРСЪ

НИЗШЕЙ ГЕОДЕЗИИ

Часть II.

2-ое ИЗДАНИЕ.

МОСКВА.

Типо-Литографія Ю. Венеръ преемн. О. Фалькъ.

Срѣтенка, Мясной пер., домъ № 26.

1914.

Предисловіе.

Вторая часть „Сокращеннаго курса“ Низшей Геометріи содержитъ главнымъ образомъ *изложеніе вопросовъ о вертикальной съемкѣ*, т. е. нивелированіе и тахеометрію и непосредственно, рядомъ стоящую съ нею тахеографометрію (мензульную съёмку съ назначеніемъ горизонталей). Эта часть курса составлена въ предположеніи, что учащіеся знакомы съ основами элементарной математики, примѣнительно къ которымъ и приспособленъ весь матеріалъ этой книжки. Во второй половинѣ книги учащіеся найдутъ изложеніе нѣкоторыхъ вопросовъ, связанныхъ съ приложеніемъ Геометріи къ землеустроительству.

О Г Л А В Л Е Н І Е.

Г Л А В А I.

Вертикальная съёмка.

§§	Стр.
1. Цѣль и виды вертикальной съёмки.	1

Геометрическое нивеллирование.

2. Общее понятіе о геометрическомъ нивеллированіи и подраз- дѣленіе его на „нивеллированіе впередъ“ и „нивеллиро- ваніе изъ середины“	1
3. Виды инструментовъ, употребляющихся при нивеллированіи .	3
4. Дѣленіе нивеллировъ на глухіе и съ перекладными трубами .	5
5. Глухой нивеллиръ	5
6. Повѣрка глухого нивеллира	7
7. Нивеллиры съ перекладными трубами	13
8. Условія, требуемыя отъ нивеллировъ съ перекладными тру- бами и ихъ повѣрка	17
Повѣрка нивеллира Эго	17
„ „ „ съ уровнемъ подъ трубою	21
„ „ „ перекладнымъ на трубѣ уровнемъ	23
9. Нивеллирные рейки	24

Производство топографическаго нивеллированія.

10. Виды геометрической нивеллировки	25
11. Нивеллированіе узкой полосы земли	26
12. Отмѣтка. Реперь. Связующія и промежуточныя точки нивел- лировки.	27
13. Разбивка прямыхъ линій	28
14.*Разбивка закругленій въ главныхъ ихъ точкахъ	28
15. Нумерація кольевъ пикетажа	29
16. Веденіе пикетажной книжки	31
17. Порядокъ работы при сложномъ продольномъ нивеллированіи .	32
18. Превышеніе конечной точки надъ начальной при сложномъ нивеллированіи	36
19. Уклоненіе рейки отъ отвѣснаго направленія	37
20. Поправка отъ кривизны земли и рефракціи	38
21. Сравненіе нивеллированія „впередъ“ съ нивеллированіемъ „изъ середины“	40
22. Нивеллированіе крутыхъ скатовъ	42
23. Поперечное нивеллированіе	44
24. Контроль отсчетовъ по рейкамъ	46

§§	Стр.
25. Журналъ нивелированія	47
26. Закладныя марки (реперы)	50
27. Вычисленіе отѣтокъ технической нивелировки	52
27. Увязка сомкнутого нивелирнаго хода, и хода, пройденнаго два раза (впередъ и назадъ) съ нивелиромъ	53
28. Вычерчиваніе профиля	54
Построеніе поперечныхъ профилей	57
29. Паденіе и уклонъ линіи	58
30. Проведеніе проектной линіи	59
31. О горизонталяхъ	60
32. Свойство горизонталей	62
33. Виды и названіе отдѣльныхъ частей неровностей мѣстности	63
34. Недостатки горизонталей (о проведеніи горизонталей на бумагѣ см. стр. 341).	66
35. Разбивка на мѣстности точекъ и прямыхъ проекта	67
36. Нивелированіе поверхности	71
37. Нивелированіе рѣки. Опредѣленіе живого сѣченія	76
Опредѣленіе уклона рѣки	78
38. Нивелированіе дна стоячихъ водъ	81

Тахеометрія.

39. Общее понятіе	85
40. О высотомѣрахъ (мѣсто нуля вертикальнаго круга)	86
41. Примѣненіе дальномѣра-высотомѣра къ вертикальной съемкѣ	89
42. Порядокъ работъ при вертикальной съемкѣ, производимой дальномѣрами-высотомѣрами	90
43. Цѣль съемки тахеометромъ, ея особенности, преимущества и недостатки	94
44. Тахеометры	95
45. Производство тахеометрической съемки	96
46. Кроки	99
47. Порядокъ наблюденій инструментомъ	100
48. Составленіе плана	101
49. Назначеніе горизонталей на планѣ по даннымъ альтитудамъ точекъ земной поверхности	101
50. Приспособленія для вычисленія превышеній точекъ мѣст- ности	103
Масштабъ высотъ	105
51. Задачи, рѣшаемыя по плану съ горизонталями	107
Полевой кроки и Планъ тахеометрической съемки (чертежи 108 и	109
Масштабъ заложеній	111

Г Л А В А II.

Мензульная съемка.

52. Предварительныя понятія	116
53. Устройство мензулы	118
54. Построеніе на мензулѣ горизонтальнаго продолженія угла и не- обходимыя принадлежности мензулы	121
55. Повѣрка мензулы	122
56. Описаніе принадлежностей мензулы и ихъ повѣрка	124
Вилка	124
Алидада	126
Кипрегель	128
Буссоль	134

III

Основные задачи, рѣшаемыя мензулою на мѣстности.

§§	Стр.
57. Оріентированіе мензулы, прямая и обратная засѣчки . . .	137—139
58. Задача Потенота	141
59. О возможномъ положеніи искомой точки относительно трехъ данныхъ	142
60. Непосредственное и посредственное рѣшеніе задачи Поте- нота	143
Способъ Боненберга и Бесселя	144
„ Лемана	146
„ Боненберга	148
61. Мензульная съемка, основанная на составленіи геометрической сѣти	150
Выборъ точекъ сѣти	152
„ базиса и его длина	153
Измѣреніе базиса	153
Нанесеніе пунктовъ сѣти на планшетъ	154
62. Съемка контуровъ мензулою	159
63. Съемка мензулою на основаніи тригонометрической сѣти . . .	164
64. Нанесеніе горизонталей при мензульной съемкѣ	164
65. Повѣрка мензульной съемки	167
66. Достоинства и недостатки мензульной съемки	168

Г Л А В А III.

Перерисовка плановъ.

67. Общее понятіе	168
68. Перерисовка безъ измѣненія масштаба	169
69. Перерисовка съ измѣненіемъ масштаба	170
70. Приспособленія, употребляемые для перерисовки плановъ въ данномъ линейномъ измѣненіи, при геометрическомъ спо- собѣ	172
71. Механическій пріемъ перерисовки плановъ и картъ. Панто- графъ	175
72. Теорія пантографа	177
73. О выраженіи неровностей мѣстности штрихами на картахъ и планахъ	180

Г Л А В А IV.

Общее понятіе о тригонометрической сѣти.

74. Значеніе триангуляціи для съемокъ	184
75. Размѣры треугольниковъ сѣти, дѣленіе треугольниковъ (то- чекъ) сѣти на разряды (классы) и перечень работъ на три- ангуляціи	186—187
76. Осмотръ мѣстности	188
77. Сигналы	188
78. Измѣреніе угловъ	189
79. Измѣреніе базиса	190
80. Вычисленіе длины базиса	192
81. Окончательное вычисленіе сѣти	192
82. Вычисленіе координатъ точекъ сѣти	193
83. Пользованіе тригонометрическою сѣтью для съемокъ	193

Приложение геодезии къ вопросамъ по землеустройству.

Привязка и разысканіе границъ.

§§	Стр.
84. Предварительныя понятія	198
85. Привязка граничныхъ линій къ точкамъ сѣти: по задачѣ По- тенота	198
86. Привязка къ постояннымъ предметамъ мѣстности	199

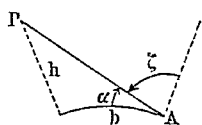
Задачи, рѣшаемыя по плану горизонтальной съемки.

87. Проведеніе простѣка черезъ лѣсъ	201
88. Разысканіе точекъ границъ, привязанныхъ къ пунктамъ сѣти .	202
89. О разысканіи пункта, привязаннаго къ постояннымъ предме- тамъ, по способу Марека	203
90. Разысканіе границъ на мѣстности по межевымъ документамъ .	204
91. Выпрямленіе границъ	212
92. Дѣленіе площадей	216
93. Разбивка поля на десятины	222

ГЛАВА I.

Вертикальная съемка.

§ 1. Цель и виды вертикальной съемки. Вертикальная съемка имѣетъ цѣлю опредѣленіе *общаго характера поверхности (рельефа)* снимаемой мѣстности *помощію относительныхъ высотъ точекъ земной поверхности, или разности ихъ уровней.* Превышеніе h одной точки земной поверхности надъ другой (см. § 7 ч. I), можетъ быть опредѣлено нѣсколькими приѣмами. Въ геодезіи разсматриваются три вида вертикальной съемки: 1) съемка съ помощію *горизонтальнаго луча зрѣнія*, называемая *топографическимъ*, а иногда *геометрическимъ нивеллированіемъ*; 2) съемка при посредствѣ *наклоннаго луча зрѣнія* по быстро опредѣленному *разстоянію b и углу α наклоненія* (черт. 1) между двумя точками, — это такъ называемая *тахеомерія*, или 2') по тригонометрически вычисленному горизонтальному разстоянію b и *зенитному разстоянію z* , замѣняющему уголъ наклона; въ этомъ случаѣ вертикальную съемку называютъ *тригонометрическимъ*, а чаще *геодезическимъ нивеллированіемъ*¹⁾, и 3) вертикальная съемка, основанная на опредѣленіи *барометромъ давленія воздуха въ различныхъ слояхъ атмосферы, окружающей данную точку земной поверхности*, называемая *барометрическимъ* или *физическимъ нивеллированіемъ*.



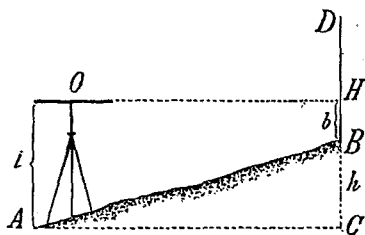
Черт. 1.

Геометрическое нивеллированіе.

§ 2. Общее понятіе о геометрическомъ нивеллированіи и подраздѣленіе его на „*нивеллированіе впередъ*“ и „*нивеллированіе изъ среды*“. Общая идея о возможности опредѣленія превышенія

¹⁾ Очевидно, что тахеометрія является какъ бы частнымъ случаемъ геодезическаго нивеллированія.

одной точки надъ другой помощью горизонтальнаго луча зрѣнія состоитъ въ слѣдующемъ: пусть требуется опредѣлить превышеніе $h = BC$ (черт. 2) точки B мѣстности надъ точкою A . Достичь этого можно двояко: 1) помѣстивъ ин-



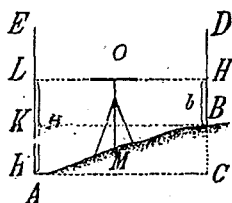
Черт. 2.

струментомъ, специально приспособленный, чтобы давать горизонтальный лучъ зрѣнія, въ точкѣ A , а вертикальный брусъ съ дѣленіями — *рейку* въ точкѣ B , или 2) помѣстивъ инструментъ въ серединѣ M (черт. 3) между точками A и B , а въ данныхъ точкахъ — двѣ вертикально установленныя *рейки* съ одинаково нанесенными на нихъ дѣленіями. Въ первомъ случаѣ, называемомъ „*нивеллированіемъ впередъ*“, превышеніе $BC = h$ найдется, какъ разность $i - b$ высоты инструмента $i = AO$, непосредственно измѣренной отъ земли до горизонтальнаго луча зрѣнія OH , собственно до центра окуляра зрительной трубы, и высоты $b = BH$, прочтенной или отмѣченной по рейкѣ въ точкѣ H ¹⁾ помощью того же горизонтальнаго луча зрѣнія OH .

Отсчетъ $BH = b$ дѣлается въ тѣхъ же доляхъ сажени, въ какихъ выражено i . Итакъ искомая разность уровней будетъ:

$$h = i - b.$$

Она берется со знакомъ $+$ для мѣстности повышающей-ся и со знакомъ $-$ для мѣстности понижающей-ся.



Черт. 3.

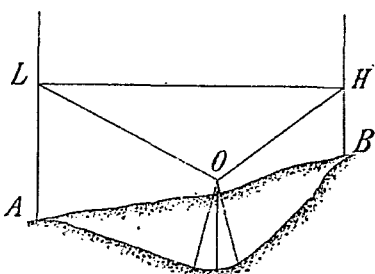
Во второмъ случаѣ, называемомъ „*нивеллированіемъ изъ середины*“, та же разность уровней h можетъ быть найдена по разности отсчетовъ n и b (черт. 3), сдѣланныхъ на обѣихъ рейкахъ, установленныхъ на концахъ данной линіи AB , по одному и тому же горизонтальному лучу LOH зрѣнія, т. е.

$$h = n - b.$$

Называя отсчетъ n по задней рейкѣ *взглядомъ назадъ*, а отсчетъ b по передней рейкѣ *взглядомъ впередъ*, можно сказать, что разность h уровней двухъ точекъ (относительная ихъ высота или превышеніе одной надъ другой) *равняется, при нивеллированіи изъ середины линіи, взгляду назадъ минусъ взглядъ впередъ*.

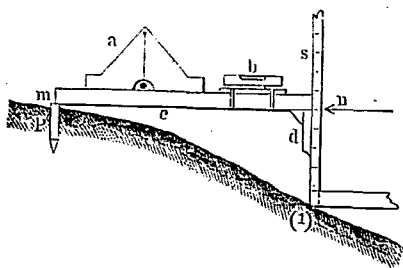
¹⁾ Въ точку H проектируется горизонтальная нить креста нитей зрительной трубы, установленной въ точкѣ A для наблюдений.

Изъ чертежа 4 видно, что при нивелированіи изъ середины *нѣтъ* надобности становиться съ инструментомъ точно на линію AB , а возможно помѣщать инструментъ въ сторонѣ (въ точку O) отъ той линіи AB , которая нивелируется, лишь бы отсчеты L и H по задней и передней рейкамъ были произведены въ одной горизонтальной плоскости OLH , проходящей черезъ точку O пересѣченія оптической оси съ вертикальною осью вращения инструмента.



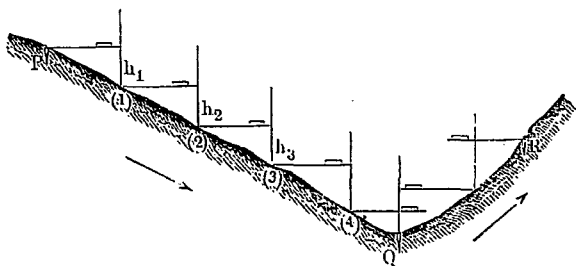
Черт. 4.

§ 3. Виды инструментовъ, употребляющихся при нивелированіи. Въ предыдущемъ параграфѣ мы видѣли, что при геометрическомъ нивелированіи необходимо имѣть: 1) инструментъ, дающій горизонтальный лучъ зрѣнія, и 2) вертикальный брусъ съ дѣлениями или рейку.



Черт. 5.

Инструменты, дающіе болѣе или менѣе точно горизонтальный лучъ зрѣнія, или просто горизонтальную прямую, бываютъ различны по устройству. Однимъ изъ такихъ инструментовъ является простой плотничный ватерпасъ. Если у ватерпаса a (черт. 5) горизонтальный брусъ



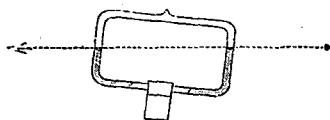
Черт. 6.

онъ достаточно длиненъ, то онъ можетъ съ удобствомъ служить для непосредственнаго опредѣленія превышенія одной точки надъ другой. Въ этомъ случаѣ къ нему присоединяють сажень s съ дѣлениями, замѣняющую

рейку. Ватерпасъ *a* обыкновенно замѣняется цилиндрическимъ уровнемъ *b*.

Ватерпасовку производятъ съ помощью горизонтальнаго бруса, могущаго однимъ концомъ опираться на колы *P*, вбитый въ землю, а другимъ на скобу *d* съ крючкомъ, удерживаемую винтомъ на вертикальной саженн. Конецъ саженн *s* даетъ на землѣ точку (1), превышеніе *h* которой надъ начальной точкой *P* прочтется непосредственно по саженн въ точкѣ *n* (черт. 5 и 6). Послѣдовательная же постановка ватерпаса въ точкахъ (1), (2), (3), (4)... *Q* (черт. 6) и т. д. даетъ превышеніе *H* точки *P* надъ точкою *Q* въ видѣ суммы $H = h_1 + h_2 + h_3 + \dots h_n$.

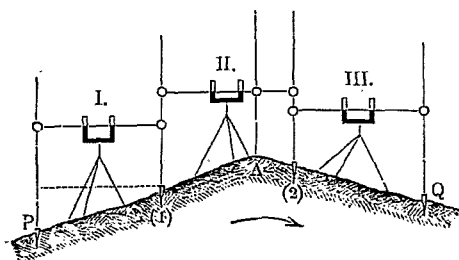
Инструменты, дающіе горизонтальный лучъ зрѣнія, принято называть *нивеллирами*. Простѣйшій изъ нихъ есть *водяной нивеллиръ*. Устройство его основано на томъ свой-



Черт. 7.

ствѣ жидкости, что ея поверхность будетъ лежать на одной и той же высотѣ (надъ горизонтомъ данной мѣстности) въ двухъ сообщающихся между собою сосудахъ (черт. 7). Сосудами могутъ служить стеклянки

узкой продолговатой формы, соединенныя общимъ каналомъ. Водяной нивеллиръ схематически изображенъ на черт. 8. Въ немъ лучъ зрѣнія опредѣлится линіею, проходящею черезъ горизонтальныя поверхности жидкости въ каждой изъ стеклянокъ. Изъ этого же чертежа, соответствующаго чертежу 6, видно, что разность уровней двухъ данныхъ точекъ *P* и *Q* можетъ быть опредѣлена по частямъ, въ видѣ суммы, такъ же, какъ и при ватерпасовкѣ, послѣдовательной постановкой водяного нивеллира въ пунктахъ I, II и III.

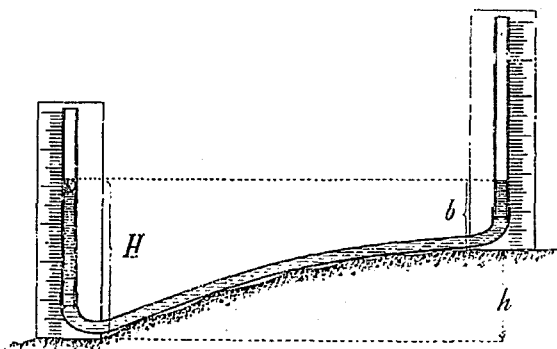


Черт. 8.

Если стеклянки замѣнить доходящими до земли длинными стеклянными трубками, плотно прилегающими къ шкаламъ (рейкамъ) такъ, чтобы по шкаламъ можно было читать высоту уровня воды въ стеклянныхъ трубкахъ и нижніе концы этихъ стеклянныхъ трубокъ соединить между собою

длинною въ нѣсколько, напр., 10 саженъ резиною (гуттаперчевою) трубкою, то возможно будетъ устанавливать стеклянные трубки съ ихъ шкалами (рейки Штраусса) въ двухъ точкахъ мѣстности, удаленныхъ между собою, на длину гуттаперчевой трубки, по шкаламъ дѣлать отсчеты

H и b (черт. 9) и находить $h = H - b$, т.-е. разность уровней тѣхъ точекъ, гдѣ стоятъ шкалы ¹⁾.



Черт. 9.

Самые распространенные и удобные при употребленіи нивеллиры, это—*нивеллиры съ зрительными трубами*, оптическая ось которыхъ параллельна оси цилиндрическаго уровня. Зрительная труба (или замѣняющіе ее діоптры съ горизонтальнымъ волосомъ) и цилиндрическій уровень—существенныя и необходимыя составныя ихъ части.

§ 4. Дѣленіе нивелировъ на глухіе и съ перекладными трубами. Нивеллиры съ зрительными трубами дѣлятся на двѣ группы: 1) одни, у которыхъ *трубы не перекладываются въ подставкахъ*, а соединены съ ними наглухо, такъ что труба, уровень и подставка составляютъ одно нераздѣльное цѣлое; такіе нивеллиры называются *глухими*; 2) другіе имѣютъ *трубы, вынимающіяся изъ подставокъ*, эти нивеллиры допускаютъ возможность переложить трубу въ подставкахъ такимъ образомъ, чтобы объективъ занялъ мѣсто окуляра и наоборотъ, и поэтому называются *нивеллирами съ перекладными трубами*.

Трубы нивелировъ, предназначенныя для чтенія дѣленій удаленной рейки, должны имѣть достаточно большое *увеличеніе*, а потому чаще снабжаются *окулярами Рамсдена*, хотя нивеллиры берлинскаго механика *Мейснера* всѣ съ окулярами Гюйгенса.

§ 5. Глухой нивеллиръ (работы механиковъ Dennert и Rare въ Альтонѣ) изображенъ на черт. 10. Труба привинчена къ вертикальнымъ подставкамъ горизонтальной линейки, на которой поверхъ трубы насаженъ цилиндрическій уровень ²⁾. Линейка снизу имѣетъ конусъ, служащій вертикальною осью вращенія инструмента. Ось соединяется съ треножникомъ о трехъ *подѣльныхъ* винтахъ, которыми нивел-

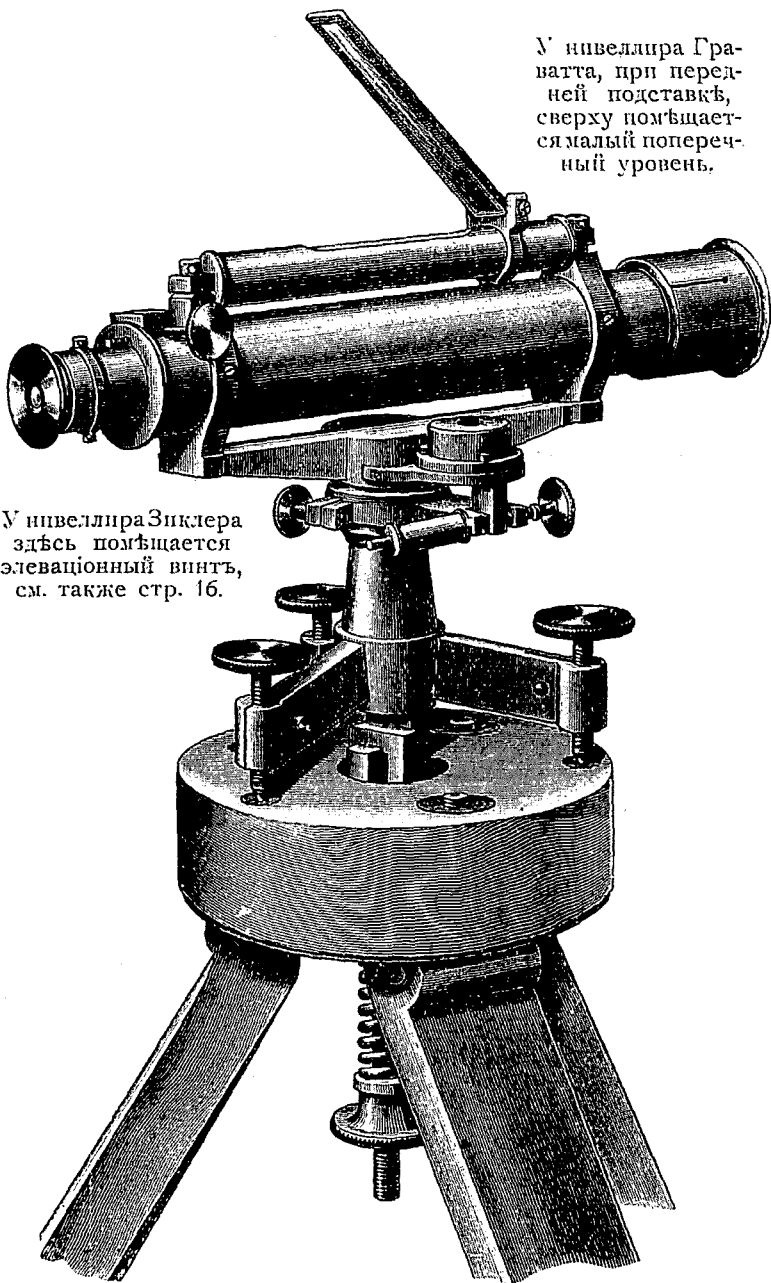
¹⁾ Быстрота нивелированія такимъ приборомъ доходитъ до 1 версты въ часъ и даетъ ошибку въ $\pm 0,01$ саж. на версту (см. В. Витковский—„Топографія“).

²⁾ Нивеллиры нѣмецкихъ механиковъ Зиклера-Шеурера и англійскаго Граватта имѣются въ геодезическомъ музеѣ, въ Межевомъ Институтѣ.

диръ ставится на голову штатива: она проходитъ черезъ
полую вертикальную цапфу треножника и закрѣпляется
Зеркало.

У нивелира Гра-
ватта, при перед-
ней подставкѣ,
сверху помѣщает-
ся малый попереч-
ный уровень.

У нивелира Зиклера
здѣсь помѣщается
элевационный винтъ,
см. также стр. 16.



снизу гайкою. Для удобства употребленія инструмента, цапфа треножника снабжена хомутомъ съ нажимательнымъ и микрометрейнымъ винтами; на горизонтальной линейкѣ посаженъ круглый уровень, подъ которымъ и помѣщается микрометричный винтъ. Штативъ съ нивелиромъ связываются станowymъ винтомъ со спиральною пружиною.

Ось уровня относительно вертикальной оси вращения нивелира можетъ мѣнять свое положеніе исправительнымъ винтомъ на лѣвомъ концѣ уровня.

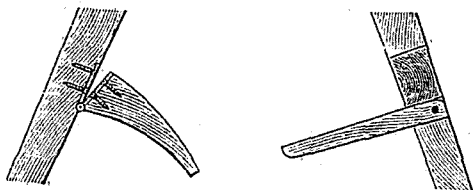
Оптическая же ось трубы и ось цилиндрическаго уровня могутъ нѣсколько измѣнять свое взаимное положеніе въ вертикальной плоскости съ помощью двухъ вертикальныхъ винтовъ съѣмки трубы.

Кромѣ того на трубѣ имѣется еще малый поперечный цилиндрическій уровень (напр., въ англійскомъ нивелирѣ Граватта лондонскихъ фирмъ Stanley и Негретти и Цамбра), при горизонтальности оси котораго одна изъ нитей съѣмки должна быть горизонтальна. Онъ также имѣетъ исправительные винты.

Для того, чтобы можно было наблюдать положеніе пузырька уровня относительно середины его стѣклянной трубки, не сходя съ мѣста и имѣя глазъ при окулярѣ трубы, надъ уровнемъ ставится наклонно зеркало.

Зеркало, вращающееся на шарнирѣ, имѣетъ большое значеніе на зыбкомъ, болотистомъ грунтѣ и при вѣтренной погодѣ ¹⁾.

Объективъ задвигается круглою пластинкою, составляющей дно крышки въ видѣ подвижнаго на объективѣ цилиндра—бленды; пластинка при употребленіи трубы опускается внизъ.



Черт. 11.

Къ ножкѣ штатива для болѣе осторожной и удобной переноски инструмента рекомендуется прикрѣплять *плечевой крючекъ*. Видъ этого крючка, недозволяющаго краямъ ножекъ штатива давить на плечо, изображенъ на чертежѣ 11, для сквозной ножки направо и для сплошной ножки штатива налѣво.

§ 6. Повѣрка глухого нивелира. Согласно идеѣ геометрическаго нивелированія, *визирная ось нивелира должна быть во время работы горизонтальна*. Приведеніе ея въ такое положеніе можетъ быть достигнуто помощью цилиндрическаго уровня, соединеннаго съ трубою или ея подставкой; но это

¹⁾ Лучше, какъ это дѣлается въ послѣднее время, помѣщать зеркало сбоку уровня, а не сверху его, потому что оно, представляя сопротивленіе вѣтру, вредно дѣйствуетъ на уровень, а слѣдовательно, и на правильное положеніе линіи визирования.

будетъ возможно только въ томъ случаѣ, когда ось уровня и визирная ось трубы параллельны другъ другу. Поэтому, во всякомъ нивеллирѣ нужно прежде всего убѣдиться, выполняется ли это главнѣйшее требованіе, т. е. параллельна ли визирная ось трубы оси цилиндрическаго уровня. Затѣмъ къ нивеллиру можно предъявлять и другія условія какъ ради удобства его употребленія, такъ и для того случая, когда съ одной точки стоянія съ нивеллиромъ (съ одной станціи) приходится визировать вокругъ на нѣсколько пунктовъ (мѣсть постановки рейки).

(При приобрѣтеніи нивеллира требуется провѣрить одинъ разъ навсегда, чтобы уровень, параллельный трубѣ, имѣлъ достаточную и не излишнюю чувствительность; другими словами, чувствительность уровня должна соответствовать силѣ зрѣнія трубы. Необходимость этого условія видна изъ того, что если уровень недостаточно чувствителенъ, то большая сила зрѣнія трубы не принесетъ пользы, потому что линія визирования приводится въ горизонтальное положеніе съ малою точностью; если же уровень имѣетъ излишнюю чувствительность, то будетъ непроизводительно тратиться время на точную установку его пузырька, потому что труба при малой своей силѣ не въ состояніи уловить незначительнаго измѣненія наклоненія линіи зрѣнія (отмѣтить разности въ отсчетахъ по рейкѣ).

Для повѣрки этого условія ставятъ рейку въ разстояніи 20—30 сажень отъ инструмента, приводятъ пузырекъ уровня на середину трубки и дѣлаютъ по горизонтальной нити сѣтки отсчетъ на рейкѣ. Послѣ того однимъ или нѣсколькими оборотами подъемнаго или элевационнаго винта (объ элевационномъ винтѣ см. дальше, напр., нивеллиръ Керна) сдвигаютъ немного горизонтальную нить съ первоначальнаго отсчета и смотрятъ, мѣняется ли положеніе пузырька уровня; если нѣтъ, то чувствительность недостаточна.

Чтобы обнаружить излишнюю чувствительность, направляютъ горизонтальную нить сѣтки на какой-нибудь штрихъ рейки и замѣчаютъ положеніе пузырька уровня, затѣмъ элевационнымъ или подъемнымъ винтомъ сдвигаютъ нить со штриха и снова, наведя на тотъ же штрихъ, замѣчаютъ положеніе пузырька. Если онъ занимаетъ прежнее положеніе, то уровень не имѣетъ излишней чувствительности. Въ противномъ случаѣ, уровень излишне чувствителенъ.

Уровень съ недостаточною или излишнею чувствительностію долженъ быть замѣненъ другимъ. По отношенію къ точности работы лучше имѣть уровень съ небольшою излишнею чувствительностію, чѣмъ съ недостаточною.)

При круговомъ визированіи на различные разстоянія необходимо, чтобы ось уровня была перпендикулярна къ вертикальной оси вращенія инструмента, такъ какъ въ противномъ случаѣ при каждомъ поворотѣ трубы пузырекъ уровня будетъ уклоняться отъ середины трубки; сверхъ

того, если пузырекъ поставимъ вновь на середину трубки, дѣйствуя подъемными винтами, то тѣмъ самымъ измѣнимъ первоначальную высоту линіи визировація, и отсчесть на рейкѣ будетъ ошибоченъ (черт. 4). Повѣрку дѣлаютъ такъ: поворачиваніемъ всей верхней части инструмента ставятъ уровень по направленію двухъ подъемныхъ винтовъ и, дѣйствуя ими въ противоположныя стороны, приводятъ пузырекъ уровня на средину трубки. Затѣмъ поворачиваютъ верхнюю часть *точно на 180°* (у Гравата отсчетомъ по буссоли, а у другихъ, какъ у Зиклера — постановкою инструмента на мѣстности на прямую, концы которой замѣчены вѣхами). Если пузырекъ сойдетъ со средины, то условіе не выполнено и *половина* уклоненія уничтожается исправительнымъ винтомъ уровня, а у нивеллира системы Зиклера — элевационнымъ у подставки винтомъ. Послѣ неоднократнаго поворачиванія на 180° добиваются, чтобы уровень *не* сходилъ съ средины трубки отъ вращенія нивеллира около вертикальной оси *точно на 180°* ; достигнувъ этого, у нивеллира Зиклера *на той подставкѣ трубы, что у окуляра, на рукавахъ*, обхватывающихъ горизонтальную линейку, дѣлаютъ замѣтку, на которую и ставятъ элевационнымъ винтомъ линейку каждый разъ передъ приведеніемъ инструмента въ горизонтальное положеніе.

Одна изъ нитей сѣтки (для удобства отсчитыванія дѣленій вертикально стоящей рейки) *должна быть горизонтальна*. Приводятъ инструментъ въ горизонтальное положеніе, ставятъ трубу по направленію двухъ подъемныхъ винтовъ, и по направленію трубы замѣчаютъ неподвижную точку, покрываемую изслѣдуемою нитью сѣтки, послѣ чего двигаютъ трубу (микрометреннымъ винтомъ) немного вправо и влево (около ея вертикальной оси). Если замѣченная точка не будетъ сходить при этомъ съ изслѣдуемой нити, то нить горизонтальна. Оказавшуюся невѣрность уничтожаютъ вращеніемъ сѣтки около геометрической оси трубы. Въ моментъ, когда нить станетъ горизонтально, исправительнымъ винтомъ устанавливаютъ пузырекъ *поперечнаго* уровня на середину трубки.

Выполненіе этого условія нужно для того, чтобы визировать на рейку не пересѣченіемъ нитей, а одною горизонтальною нитью, что ускоряетъ работу. вмѣстѣ съ тѣмъ это даетъ возможность поправить наклонную постановку рейки.

Производство повѣрки главнаго условія *параллельности* оси уровня *визирной* оси въ глухомъ нивеллирѣ дѣлается двойнымъ нивелированіемъ *одной и той же линіи мѣстности (сверху внизъ и снизу вверхъ)*. Пусть ось уровня *ии'* не параллельна визирной оси *ОТ* трубы, а составляетъ съ нею уголъ α (черт. 12).

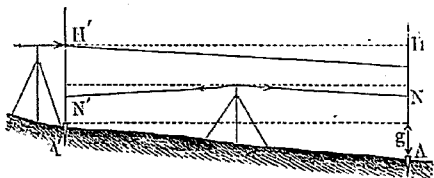
(Выберемъ на мѣстности наклонную линію *АМ* длиною въ 25—30 сажень, поставимъ въ точку *А* теодолитъ, въ

осью уровня и оптической осью трубы не существует, и его достигают такъ: *вычисленную величину y* , откладывая отъ точки S (черт. 13) внизъ, когда y положительно, и вверхъ, если y отрицательно, намѣчаютъ точку N на рейкѣ и наводятъ на нее визирную ось трубы, дѣйствуя вертикальными винтами сѣтки, въ это время она будетъ горизонтальна. Если пузырекъ уровня стоитъ на серединѣ трубки, то ось mn' уровня будетъ также горизонтальна, а слѣдовательно, параллельна визирной оси трубы. Итакъ уничтоженіе погрѣшности въ глухомъ нивеллирѣ достигается вертикальными винтами сѣтки. Несоблюденіе условія параллельности визирной оси къ оси уровня не имѣетъ вліянія въ тѣхъ случаяхъ, когда линія нивелируется *изъ середины*, такъ какъ разстоянія отъ инструмента до реекъ одни и тѣ же, а потому ошибки y въ отсчетахъ отъ существованія ошибки α наклона осей будутъ равны и при вычисленіи разности уровней h (см. черт. 14 и 3) ошибки взаимно уничтожаются:

$$h = (H \pm y) - (b \pm y) = H - b.$$

Болѣе внимательнымъ къ выполненію главнаго условія приходится быть тогда, когда разстоянія отъ реекъ до инструмента различны.

Повѣрка условія параллельности осей (визирной трубы и уровня) можетъ быть произведена еще и слѣдующимъ образомъ: на линіи съ небольшимъ уклономъ вбиваютъ два колышка A и A' (черт. 14) на разстояніи наибольшаго, встрѣчающагося при нивелированіи, удаленія рейки отъ инструмента, т. е. 50 или 100 саж., сообразно съ силою зрѣнія трубы; на линіи AA' точно отмѣчаютъ середину и ставятъ въ нее нивеллиръ. При равенствѣ разстояній, на разность уровней g конечныхъ точекъ непараллельность осей вліянія не окажетъ, и g получится какъ разность отсчетовъ n и n' , слѣданныхъ въ точкахъ N и N' на рейкахъ, т. е.



Черт. 14.

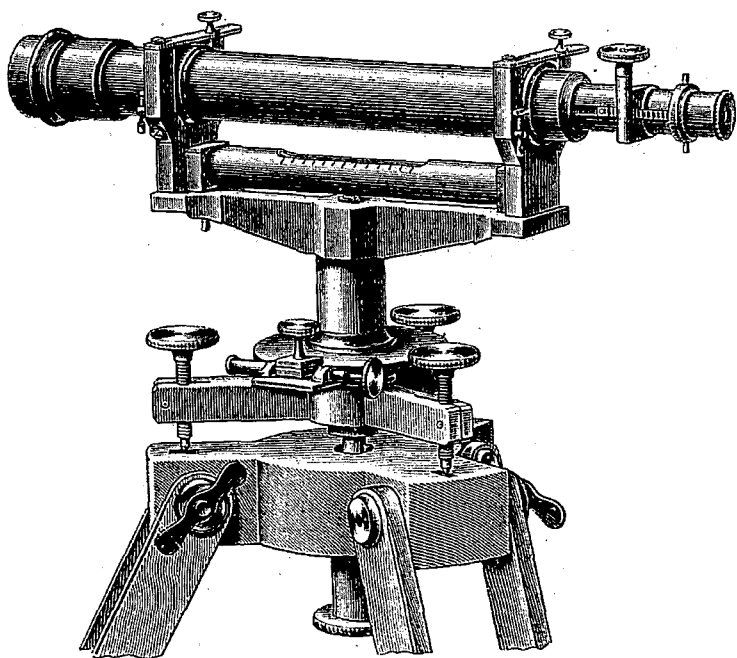
$$n - n' = g.$$

Переноса инструментъ на точку A' такъ, чтобы объективъ пришелся надъ точкою A' , касаясь передней стороны рейки $A'N'H'$, приводятъ пузырекъ уровня на середину трубки и читаютъ отсчетъ $AH = h$ по рейкѣ A , на рейкѣ же A' замѣчаютъ отсчеты, соотвѣтствующие верхней и нижней точкамъ оправы объектива нивеллира и изъ нихъ образуютъ ариѳметическую середину $A'H' = h'$. Точка H' опредѣлитъ положеніе оптической оси.

отсчетъ по рейкѣ, при 50-и саж. разстояніи отъ нивеллира до рейки, будетъ измѣняться болѣе чѣмъ на 0,002 сажени подъ дѣйствіемъ кремальерки, то нивеллиръ направляется къ механику для починки. >

§ 7. Нивеллиры съ перекладными трубами. Мы рассмотримъ изъ нихъ три системы: 1) нивеллиръ французской системы *съ уровнемъ при подставкѣ трубы* — напр. типа Эго; 2) нивеллиръ нѣмецкой системы *съ уровнемъ подъ трубою* и наглухо съ ней соединенный, напр., типа Рейхенбаха, работы механика Розенберга и 3) нивеллиръ системы *съ уровнемъ перекладывающимся на трубу* (будемъ ее называть въ отличіе отъ первыхъ двухъ — швейцарской системой), напр., типа, изготовляемаго Керномъ.

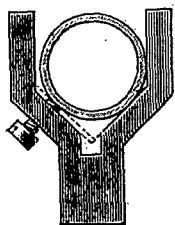
Нивеллиръ Эго въ работѣ французскихъ механиковъ показанъ на черт. 16, онъ имѣетъ зрительную трубу, помѣщающуюся на коромыслѣ въ двухъ вертикальныхъ подставкахъ, верхнимъ частямъ которыхъ придана вилко-



Черт. 16.

образная форма (черт. 17). Эти мѣста подставокъ принято называть *обоймицами* или *лагерами*. Кольца же трубы, которыми она кладется въ лагера, называются *цангами* или *шейками* трубы. Обѣ подставки трубы помѣщаются на горизонтальной линейкѣ, образуя коромысло, причемъ одна изъ подставокъ наглухо соединена съ линейкой, а другая

можетъ быть немного поднимается и опускается посредствомъ *исправительнаго винта подставки*, помѣщающагося снизу линейки. Этотъ винтъ служитъ для приведенія визирной оси трубы въ положеніе, параллельное съ осью уровня; вмѣсто него въ нивеллирѣ Эго нерѣдко встрѣчается винтъ сбоку, въ лагерѣ (см. черт. 17) подставки. Уровень также



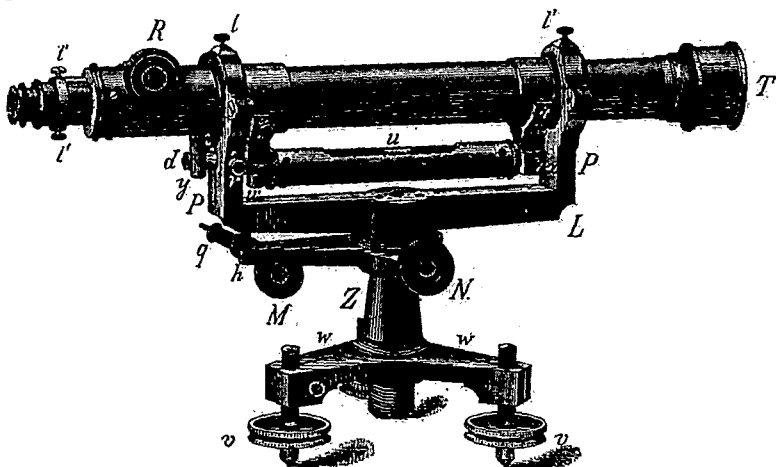
Черт. 17.

помѣщается на линейкѣ коромысла. Одинъ конецъ его можетъ подниматься и опускаться посредствомъ *исправительнаго винта уровня*, проходящаго снизу чрезъ линейку коромысла. Онъ ясно обозначенъ на чертежѣ 16. Его назначеніе—установка оси уровня перпендикулярно къ вертикальной оси вращения инструмента. Вертикальная ось всего инструмента имѣетъ у французскихъ механиковъ слѣдующее устройство: втулка, съ которою соединена линейка коромысла, оканчивается кругомъ съ клещами, имѣющими нажимательный и микрометричный винты. Вертикальная ось помѣщается въ срединѣ треножника, въ рукава котораго входятъ три подъемныхъ винта. Весь инструментъ устанавливается на головѣ французскаго штатива, къ которой онъ прикрѣпляется становымъ винтомъ, входящимъ снизу въ треножникъ.

Въ заключеніе надо сказать, что иногда подъ линейкою коромысла помѣщается кругъ съ алидадою и градусными дѣленіями; тогда нивеллиръ можетъ служить для приближеннаго измѣренія горизонтальныхъ угловъ, при условіи, что визируемые предметы находятся на мѣстности слабо наклоненной къ горизонту, такъ какъ *труба* по самому устройству инструмента *можетъ быть поворачиваема только въ горизонтальной плоскости*. Въ мѣстностяхъ же съ большимъ наклономъ къ горизонту нивеллиръ окажется не пригоднымъ и придется для той же цѣли или употреблять какой-нибудь угломерный инструментъ, или дѣлать въ нивеллирѣ специальное приспособленіе для измѣренія горизонтальныхъ угловъ.

(*Нивеллиръ нѣмецкой системы, работы механика Розенберга* (черт. 18) въ нижней своей части представляетъ усѣченный конусъ *Z* съ тремя рукавами *w*, въ которые входятъ подъемные винты *v*. Въ конической колонкѣ *Z* помѣщается вертикальная ось вращения инструмента, соединенная съ линейкою *L* коромысла. Нажимательный винтъ *N* прекращаетъ вращеніе всей верхней части инструмента вокругъ вертикальной оси. Медленное вращеніе сообщается нивелиру микрометричнымъ винтомъ *M* со спиральною пружиною *q*, упирающимися съ двухъ противоположныхъ сторонъ въ вертикальный стержень *h* линейки *L*. Одна изъ подставокъ *P* распиlena вдоль (на чертежѣ лѣвая) и регулируется

винтомъ *г*. Труба *Т* накладывается на подставки въ лагерь и застегивается крючками *l* и *l'*; къ трубѣ снизу привинченъ уровень *и*. Одинъ конецъ уровня (на чертежѣ лѣвый) можетъ быть приподнятъ или опущенъ исправительнымъ винтомъ *и'*, а другой вращается, какъ на шарнирѣ, между остриями винтовъ *х*, могущихъ сообщить оси уровня перемѣщеніе по горизонтальному направленію. Винтъ *Р* служитъ для передвиженія окулярнаго колѣна въ объективномъ. Винтики *z* (два вертикальныхъ *z'* и два горизонтальныхъ *z*) удерживаютъ сътку въ трубѣ. Для того, чтобы одна изъ нитей была горизонтальна при отсчитываніи по рейкѣ, къ трубѣ привернуть вертикальный стержнекъ *у*, упирающийся въ горизонтальный (невидимый на чертежѣ) винтикъ *а*, перпендикулярно входящій въ горизонтальную планку *д* подставки *Р*. Точно такую же пластинку *д* съ винтомъ *а* имѣетъ и другая подставка *Р*. Труба *Т* можетъ быть вмѣстѣ съ уровнемъ *и* переложена въ лагерьхъ подставокъ *Р* и стержнемъ *у* плотно прижата къ винтику *а*, вращая который, возможно одну изъ нитей установить горизонтально.

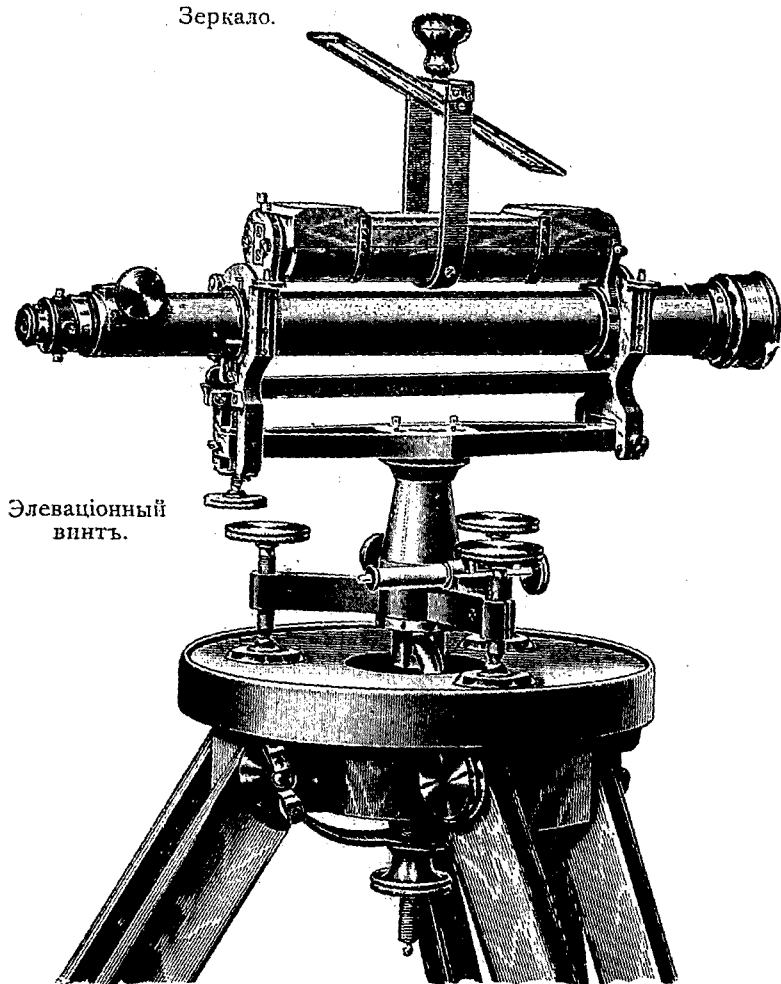


Черт. 18.

Нивеллиръ швейцарской системы, съ *перекладнымъ* на *трубѣ* *уровнемъ*, работы механика Керна (въ Аарау въ Швейцаріи), изображенный на чертежѣ 19, имѣетъ легкую сквозную горизонтальную часть подставки съ элевационнымъ винтомъ, на подобіе такого же винта, у нивеллира механика Шеу-рера (фирмы Зиклера). Линейка подставки сидитъ на конической втулкѣ треножника о трехъ подъемныхъ винтахъ. На трубѣ находится *перекладной* (на цапфахъ трубы) *уровень* съ зеркаломъ на шарнирѣ; шарниръ, находясь по срединѣ зеркала, позволяетъ наклонять его въ сторону глаза наблюдателя. Уро-

вень въ двойной оправѣ. Наружная оправа изъ дерева и толстаго зеркальнаго стекла, предохраняетъ уровень отъ нагреванія лучами солнца. Уровень удерживается на трубѣ застѣж-

Зеркало.



Черт. 19.

ками лагерь трубы помощью 2-хъ штифтовъ. Близъ треножника (сверху его) находятся нажимательный и микрометрический винты вертикальной оси вращения инструмента. Снизу на треножникъ навертывается гайка съ петлей, въ которую входитъ крючекъ становаго винта съ плоской пружиной, поддерживаемой второй сквозной гайкой, перемѣщающейся вдоль наръзки становаго винта. Штативъ сквозной, французской системы, съ круглой широкой головой.

§ 8. Условія, требуемыя отъ нивелировъ съ перекладными трубами и ихъ повѣрка. Здѣсь еще разъ отмѣтимъ, что главное условіе, требуемое отъ всякаго нивелира,—это, чтобы визирная ось зрительной трубы нивелира была параллельна оси цилиндрическаго уровня. Схема устройства нивелира съ уровнемъ при подставкѣ помѣщена на чертежѣ 20. Подобныя же схематическія чертежи мы будемъ дѣлать и для нивелировъ съ уровнями при трубѣ (напр., сист. Розенберга) и для нивелировъ съ уровнями, перекладывающимися на трубѣ (напр., сист. Керна). На нихъ условимся впредь обозначать черезъ LL' горизонтальную линейку подставки трубы¹⁾, черезъ p и p' размѣры подставокъ трубы отъ цапфъ (шеекъ) трубы до линейки, S и S' — размѣры подставокъ уровня, (разстоянія между концами оси uu' и линейкой LL') r и r' — діаметры шеекъ (цапфъ, колецъ) трубы, черезъ hh_1 — направление визирной оси трубы, черезъ mm' — ось уровня, параллельнаго трубѣ, черезъ tt' образующую трубы (линію, соединяющую двѣ точки t и t' шеекъ трубы).

Условія, требуемыя отъ нивелировъ съ перекладными трубами, въ сущности тѣ же, что и въ глухихъ нивелирахъ, но повѣрки ихъ имѣютъ нѣкоторыя особенности, вызываемыя различіемъ конструкций. Поэтому необходимо твердо запомнить эти чертежи—схемы устройствъ трехъ типовъ нивелировъ съ перекладными трубами. Сначала остановимся на повѣркахъ нивелировъ съ уровнемъ, прикрѣпленнымъ къ линейкѣ подставки трубы, а затѣмъ укажемъ на соотвѣтственныя измѣненія ихъ въ другихъ нивелирахъ.

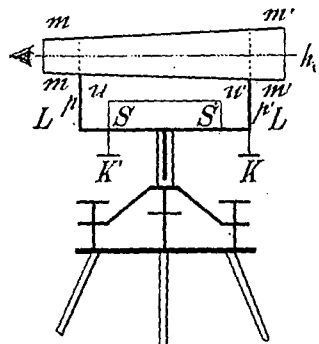
Условія, требуемыя отъ нивелировъ съ уровнемъ, прикрѣпленнымъ къ линейкѣ подставки трубы (напр., нивелиръ Эго), слѣдующія:

1) *Уровень долженъ имѣть чувствительность достаточно и не излишнюю.* Повѣрка производится совершенно такъ же, какъ и въ глухихъ нивелирахъ.

2) *Ось уровня должна быть перпендикулярна къ вертикальной оси вращенія инструмента.* Ставятъ инструментъ на линію, на концахъ которой выставлены вѣхи, направляють пересѣченіе нитей трубы на одну изъ этихъ вѣхъ, поднимаемыми винтами приводятъ пузырекъ уровня на середину, поворачивають верхнюю часть инструмента настолько, чтобы пересѣченіе нитей покрыло другую вѣху, т.-е. точно на 180° , и смотрятъ, находится ли пузырекъ уровня на срединѣ трубки. Уклоненіе середины пузырька отъ середины трубки уровня уничтожается на половину дуги отклоненія

¹⁾ Т.-е. перпендикуляръ къ вертикальной оси вращенія.

винтомъ K' уровня (черт. 20). Повѣрка повторяется снова до совершеннаго выполненія требуемаго отъ уровня условія.



Черт. 20.

Замѣчаніе. Повернуть точно на 180° нивеллирь съ перекладной трубой около его вертикальной оси вращения можно также и слѣдующимъ образомъ: навести крестъ нитей трубы на какую-либо точку, переложить трубу въ лагерахъ и вновь навести крестъ нитей на ту же точку.

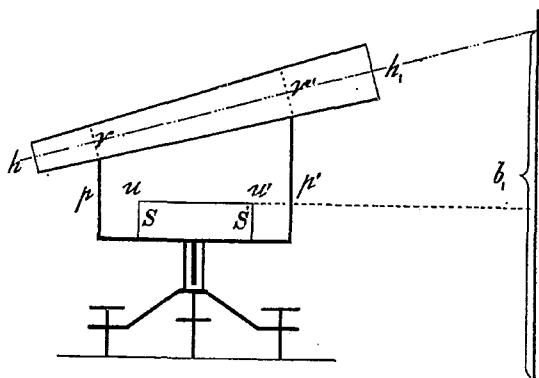
3) Одна изъ нитей съетки трубы должна быть перпендикулярна къ вертикальной оси вращения инструмента, т.-е. горизонтальна при отвѣсномъ положеніи этой оси. Повѣрка производится такъ же, какъ и въ глухихъ нивеллирахъ, т.-е. по приведеніи инструмента въ горизонтальное положеніе, направляютъ изслѣдуемую нить на точку предмета и двигаютъ трубу немного вправо и влево. Уклоненіе нити съ избранной точки уничтожается горизонтальнымъ винтомъ a пластинки d при подставкѣ трубы, конецъ котораго долженъ упираться въ вертикальный выступъ y (черт. 18 и 16) близъ шейки трубы. Ту же установку нужно сдѣлать и для второго подобнаго же винта, помѣщающагося на другой подставкѣ трубы. Это условіе лучше всего производить послѣ того, какъ повѣрено совпаденіе визирной оси зрительной трубы съ геометрической ея осью.

4) Главное условіе: *визирная ось трубы должна быть параллельна оси уровня.* Изъ схематическаго чертежа устройства нивеллира съ уровнемъ при подставкѣ видно, что это условіе распадается на двѣ части, а именно: оптическая ось hh' будетъ тогда параллельна оси уровня, когда I) ось уровня, II) а также и визирная ось трубы будутъ (каждая въ отдельности) параллельны линейкѣ LL' или, что то-же самое, перпендикулярны къ вертикальной оси вращения инструмента, а для параллельности визирной оси трубы линейкѣ LL' нужно выполнить слѣдующія три условія, а именно, чтобы: III) визирная ось совпадала съ геометрической осью зрительной трубы, IV) образующая mm' трубы была параллельна линейкѣ LL' , и чтобы V) зрительная труба представляла собою цилиндръ, т.-е. чтобы діаметры шеекъ трубы были равны.

Ось уровня mm' будетъ тогда параллельна линейкѣ, когда подставки S и S' уровня будутъ равны между собою и одинаково наклонены къ линейкѣ LL' . Равенство же подставокъ S и S' достигается (какъ уже это было указано) при повѣркѣ 2-го условія, дѣйствуя винтомъ K' уровня.

Совпадение визирной и геометрической осей трубы достигается способом, изложеннымъ въ § 104 (черт. 153) ч. I. Допустимъ, что обѣ оси совпадаютъ, тогда легко повѣрить параллельность образующей трубы mm' линейкѣ LL' , ибо выполнение этого условія достигается *выравниваніемъ подставокъ p и p' трубы*. При этомъ мы предполагаемъ, что подставки p и p' такъ же, какъ и S , и S' , перпендикулярны къ линейкѣ LL' .

Пусть p и p' — подставки трубы (черт. 21), неравные между собою, причемъ передняя $p' > p$, кольца имѣютъ также неравные діаметры $r' > r$, т. е. зрительная труба не представляетъ собою цилиндра. Подставки уровня выравнены, т. е.



Черт. 21.

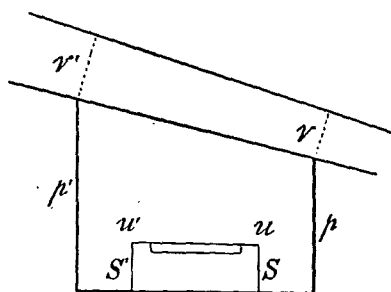
$S = S'$. Приведемъ пузырекъ уровня на середину трубки и, чтобы замѣтить положеніе hh_1 визирной оси, выставимъ на 25 саж. передъ инструментомъ рейку (обычное разстояніе станціи отъ пикета), и сдѣлаемъ по рейкѣ отсчетъ b_1 , онъ будетъ болѣе истиннаго ¹⁾, ибо передній конецъ трубы (визирной оси hh_1) повышенъ; но если бы подставки у трубы были равны, то отъ перемѣны ихъ мѣстъ подъ трубою разъ сдѣланный отсчетъ b_1 на рейкѣ измѣниться не могъ бы. Испытаемъ это: повернемъ инструментъ около вертикальной оси на 180° , тогда объективъ станетъ на мѣсто окуляра. Подставка p' займетъ мѣсто подставки p . (черт. 22). Для того же, чтобы можно было вновь визировать черезъ трубу на рейкѣ, дабы убѣдиться, что визирная ось не измѣнила своего положенія, необходимо трубу переложить въ лагерахъ. *Послѣ перекладыванія трубы большая цифра r' снова встанетъ впередъ*. Если теперь вновь поставимъ пузырекъ уровня точно на середину трубки и сдѣлаемъ второй отсчетъ b_2 по рейкѣ (черт. 23), то онъ будетъ не равенъ первому отсчету b_1 . Причину несогласія между собою отсчетовъ будетъ только *неравенство подставокъ трубы*, ибо большое кольцо r' трубы осталось на прежнемъ мѣстѣ у объектива, а потому приѣмъ обнаруженія неравенства подставокъ трубы и основанъ на двойномъ от-

¹⁾ Т. е. того отсчета, который мы сдѣлали бы при равенствѣ подставокъ p и p' .

счетъ по рейкѣ. Для выравниванія подставокъ служить исправительный винтъ K , устраиваемый или снизу подставки, или сбоку ея, у одной изъ лагерь, какъ это показано на чертежахъ 23 и 17.

Пусть $b_1 - b_2 = c$, тогда $b_1 - \frac{c}{2} = b_2 + \frac{c}{2} = b_0 = \frac{b_1 + b_2}{2}$.

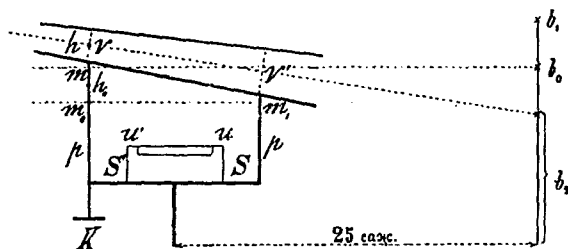
На основаніи этого мы можемъ сказать, что, опуская повышенную подставку p_1 винтомъ K (черт. 23) до тѣхъ



Черт. 22.

поръ, пока отсчетъ b_2 измѣнится въ b_0 , мы, наконецъ, повтореніемъ этого приѣма повѣрки достигнемъ такой разности подставокъ p и p' , которая не будетъ сказываться на отсчетахъ b_1 и b_2 по рейкѣ, при разстояніи 25 саж. отъ инструмента до рейки, т. е. разность ихъ $b_2 - b_1$, будетъ $< 0,002$ саж. Итакъ, что-

бы обнаружить и достигнуть возможнаго равенства подставокъ трубы у нивеллира Эго, слѣдуетъ 1) избрать линію около 25 саж., въ одинъ



Черт. 23.

конецъ поставить отвѣсно рейку, въ другой—инструментъ, 2) привести пузырекъ уровня на средину трубки, 3) слѣловать по рейкѣ отсчетъ, 4) повернуть инструментъ на 180° , 5) поправить уровень, чтобы пузырекъ въ точности оставался на срединѣ трубки, 6) переложить трубу въ лагерахъ 7) вновь слѣловать второй отсчетъ, 8) изъ обоихъ отсчетовъ взять среднее арифметическое и 9) винтомъ при подставкѣ трубы установить крестъ нитей на отсчетъ, равный полученному среднему арифметическому изъ обоихъ отсчетовъ. При равенствѣ отсчетовъ b_1 и b_2 , само собою разумѣется, подставки не требуютъ исправленія. Опуская подставку p' (черт. 23), тѣмъ самымъ опустимъ h и m до положенія h_0 и m_0 и образующая $m_0 m'$ будетъ почти параллельна $u u'$.

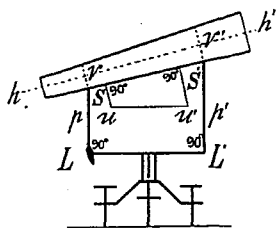
Остается проверить равенство диаметров колец r и r' , такъ какъ даже при равенствѣ подставокъ p и p' трубы и совпадении геометрической оси съ визирной, при неравенствѣ диаметровъ r и r' цапфъ, визирная ось трубы *не* будетъ параллельна оси уровня.

Чтобы проверить это послѣднее условіе у нивеллира Эго, нужно, положивъ трубу въ лагеры послѣ всѣхъ приведенныхъ выше проверокъ, *идти на мѣстность и, взявши наклонную линію, дважды проnivelлировать ее—снизу вверхъ и сверху внизъ*, т.-е. продѣлать то же самое, что и въ глухомъ нивеллирѣ при производствѣ проверки параллельности оптической оси къ оси уровня. Пусть отсчетъ по рейкѣ при нахожденіи нивеллира внизу былъ b_1 , а высота инструмента i_1 , послѣ переноски нивеллира на мѣсто рейки высота его измѣнилась въ i_2 , а отсчетъ по рейкѣ (при нахожденіи пузыря уровня на срединѣ трубки) сдѣлался равнымъ b_2 . Если разность $i_1 - b_1$ *не* равна $b_2 - i_2$, (дающія при вывѣренномъ нивеллирѣ превышеніе одной точки надъ другой), то диаметры r и r' колецъ трубы *не* равны. Исправленіе ошибки поручается механику, который долженъ переточить шейки. Ошибка y въ отсчетѣ на рейкѣ будетъ

$$y = \frac{i_1 + i_2}{2} - \frac{b_1 + b_2}{2}.$$

Она возрастаетъ пропорціонально разстоянію. Если бы разстоянія отъ нивеллира до обѣихъ реекъ были равны, то эта ошибка не сказывалась бы на разности высотъ подошвъ реекъ. При нивелированіи впередъ она неминуемо цѣликомъ войдетъ въ отсчетъ по рейкѣ, а слѣдовательно, и въ разность высотъ. Чтобы не считаться съ вліяніемъ этой ошибки (т.-е. не вводить поправки въ отсчеты) необходимо преобразовать нивеллиръ изъ нивеллира съ перекладною трубою въ глухой нивеллиръ, т.-е. употреблять его въ одномъ *разѣ навсегда замѣченномъ* положеніи, напр., кладя трубу объективомъ на подставку, замѣченную какимъ-либо знакомъ, и достигая параллельности осей уровня и трубы винтами при сѣткѣ.

Проверки нивеллира съ уровнемъ подъ трубою. Условія, требуемыя отъ нивеллира съ уровнемъ подъ трубою (напр., системы Розенберга) тѣ же самыя, что и для нивеллира Эго, но производство проверокъ этихъ условий нѣсколько иное. Такъ, чтобы проверить перпендикулярность оси *ин'* уровня къ вертикальной оси вращения инструмента, достаточно потребовать, чтобы



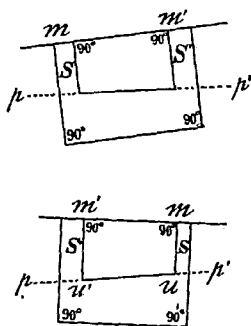
Черт. 24.

- I) $S = S'$, т.-е. чтобы были равны подставки уровня и
- II) $p = p'$, т.-е. чтобы были равны подставки у трубы.

При соблюденіи условія $S=S'$, само собою разумѣется, выполнится параллельность образующей трубы къ оси $ии'$ уровня и остается провѣрить

III) *совпаденіе геометрической и визирной осей у трубы* и IV) *равенство діаметровъ ея лагерьхъ, которыми она кладется въ лагерьы*, тогда выполнится и главное условіе: параллельность оси уровня къ визирной оси трубы.

Повѣрка равенства подставокъ S и S' уровня дѣлается такъ: ставятъ уровень по направленію двухъ подъемныхъ винтовъ, приводятъ пузырекъ уровня на середину, затѣмъ мѣняють мѣста подставокъ S и S' (черт. 25), что дости-



Черт. 25.

гается простымъ перекладываніемъ трубы въ лагерьахъ. Если пузырекъ отклонится отъ середины трубки, то S не равно S' , пузырекъ уклонится къ повышенному концу, къ короткой подставкѣ, тогда исправительнымъ винтомъ $и'$ при уровнѣ $ии'$ выравниваются подставки уровня. Пузырекъ переводится винтомъ при $и'$ на половину дуги отклоненія отъ середины трубки.

Самое производство повѣрки основано на томъ, что какъ при 1-мъ, такъ и при 2-мъ положеніи трубы, *образующая ея, т.-е. линия mm' (черт. 25) не*

измѣнитъ своего направленія относительно спокойно стоящей всей нижней части нивеллира. Уголъ наклона линіи mm' къ горизонту отъ перекладыванія трубы не мѣняется, такъ какъ положеніе ея (направленіе) только зависитъ отъ положенія подставокъ p и p' , а онѣ остаются на мѣстѣ.

Повѣрка равенства подставокъ p и p' трубы. Выравнивъ подставки уровня, снова ставятъ уровень по направленію двухъ подъемныхъ винтовъ и приводятъ пузырекъ его на середину трубки, послѣ чего мѣняють подъ зрительной трубою мѣста подставокъ трубы p и p' , вращая всю подставку нивеллира точно на 180° около вертикальной оси ¹⁾. Если пузырекъ уклонится отъ середины трубки, то это укажетъ, что подставки p и p' не равны. Выравниваніе подставокъ производится у нивеллира Розенберга исправительнымъ винтомъ r подставки p_1 (смотри перспективный чертежъ № 18), а у нивеллировъ той же системы, имѣющихъ элевационный винтъ при подставкѣ, напр., системы Бамберга, исправленіе дѣлается элевационнымъ винтомъ, причемъ по головкѣ элевационнаго винта, или замѣчается отсчетъ, или же на самой подставкѣ (системы Рейхенбаха) дѣлается за-

¹⁾ Такъ какъ равенство подставокъ S и S' уже провѣрено, то можно прямо, оставляя на мѣстѣ трубу въ лагерьахъ, повернуть весь инструментъ на 180° около его вертикальной оси вращенія.

рубка (подобно тому, какъ это дѣлается въ глухомъ нивеллирѣ Зиклера), на которую и устанавливается подставка передъ приведеніемъ инструмента въ горизонтальное положеніе. Самое выравниваніе состоитъ въ томъ, что пузырекъ уровня двигаютъ винтомъ r (или элевационнымъ) на половину дуги отклоненія. Передвинувъ пузырекъ, вновь повторяютъ приемъ, т.-е. ставятъ *подъемнымъ* винтомъ пузырекъ уровня на середину трубки и поворачиваютъ нивеллиръ около вертикальной оси на 180° . Въ случаѣ уклоненія пузырька отъ середины трубки опять дѣйствуютъ винтомъ при подставкѣ. Приемъ повторяется до тѣхъ поръ, пока пузырекъ перестанетъ мѣнять свое положеніе въ трубкѣ вслѣдствіе поворота нивеллира на 180° около вертикальной оси.

Чтобы убѣдиться, *лежитъ ли ось ии' уровня съ визирной осью въ одной плоскости*, поступаютъ такъ же, какъ это было указано на черт. 181—183, § 125, ч. I.

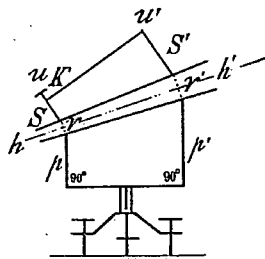
Совпаденіе геометрической оси съ оптической и равенство диаметровъ цапфъ въ нивеллирѣ съ уровнемъ при трубѣ повѣряется точно такъ же, какъ и въ нивеллирѣ съ уровнемъ на подставкѣ трубы (сист. Эго).

Повѣрка чувствительности уровня не зависитъ отъ системы нивеллира.

Повѣрки нивеллира съ перекладнымъ на трубѣ уровнемъ. Въ нивеллирѣ съ уровнемъ, перекладывающимся на трубѣ (сист. Керна) требуется выполненіе тѣхъ же 6 условій:

- I) равенство подставокъ уровня,
- II) равенство диаметровъ цапфъ (шеекъ) у трубы,
- III) равенство подставокъ трубы,
- IV) совпаденіе геометрической оси съ визирною у трубы,
- V) нахожденіе оси уровня съ визирною осью въ одной плоскости,
- и VI) нахожденіе одной изъ нитей въ горизонтальной плоскости (или, правильнѣе, ея перпендикулярность къ вертикальной оси вращенія нивеллира).

I. Равенство подставокъ S и S' уровня повѣряется *перекладываніемъ уровня на цапфахъ трубы*. При этомъ, замѣтивъ первоначальное положеніе подставокъ S и S' (черт. 26), ставятъ уровень по направленію двухъ подъемныхъ винтовъ и приводятъ пузырекъ его на середину трубки. Затѣмъ *мѣняютъ мѣста ножекъ S и S' простымъ перекладываніемъ уровня, не трогая трубы и нижней части нивеллира*. Отклоненіе середины пузырька отъ середины трубки укажетъ на неравенство подставокъ и ихъ выправляютъ исправительнымъ винтомъ K' уровня, передвигая пузырекъ на половину дуги отклоненія.



Черт. 26.

II. равенство диаметровъ цапфъ можно обнаружить такъ. убѣдившись въ равенствѣ подставокъ уровня, т.-е. въ томъ, что $S=S'$, и приведя пузырекъ уровня на середину трубки, *приподнять* уровень (не мѣняя мѣстъ S и S'), и *подъ уровнемъ переложить трубу въ лагерахъ*, т.-е. перемѣнить мѣста цапфъ; если цапфы не равны, то пузырекъ уклонится отъ середины трубки, и шейки слѣдуетъ переточить.

III. Равенство подставокъ p и p' провѣряется, послѣ приведенія пузырька на середину трубки уровня, поворачиваніемъ всего инструмента на 180° такъ же, какъ въ нивеллирѣ системы Розенберга.

Исправленіе неравенства подставокъ трубы достигается элевационнымъ винтомъ. Правильное положеніе подставокъ замѣчается отсчетомъ по элевационному винту или мѣткою на подставкѣ, на которую устанавливается край линейки подставки.

Выполненіе условій IV, V и VI достигается тѣми же приемами, что и въ ранѣе описанныхъ нивеллирахъ.

§ 9. Нивеллирные рейки. Для отсчитыванія вертикальныхъ разстояній отъ земли до горизонтальнаго луча зрѣнія, при геометрическомъ (или иначе топографическомъ) нивелированіи служатъ *нивеллирныя рейки*, т.-е. деревянные бруски, длиною отъ 1 до 2 сажень, толщиною около полдюйма и шириною отъ 2 до 3 дюймовъ. Самая распространенная рейка, извѣстная подъ названіемъ *мюнхенской рейки* (системы механика Рейхенбаха), состоитъ изъ двухъ *равныхъ по длинѣ* брусковъ, соединенныхъ снизу и сверху скобами. Въ этихъ скобахъ одинъ брусъ можетъ двигаться вдоль другого. Длина каждаго бруса немного болѣе одной сажени. Въ случаѣ надобности задній брусъ выдвигается изъ-за передняго, и подпись его дѣленій должна служить продолженіемъ подписи передняго бруса (черт. 27а). Лицевая сторона передняго бруса выкрашена бѣлой масляной краской и по бѣлому полю (черт. 27) нанесены попеременно бѣлыя и черныя (или красныя) шашки двухъ родовъ: каждая малая шашка = 0,01 саж., а каждая большая шашка = 0,05 сажени (полудесятыя). Черезъ каждыя 10 малыхъ шашекъ, т.-е. черезъ каждую десятую долю сажени сдѣлана подпись. На переднемъ брусѣ подпись дѣлается такъ:

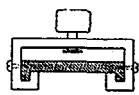
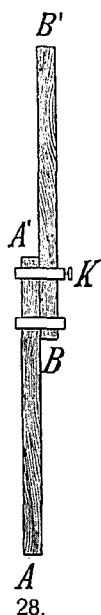
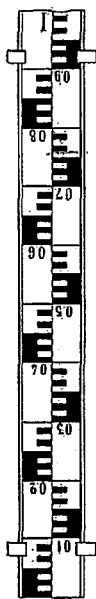
0,0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,9; 1,
или 0, 1, 2, 3, 4, 5, 9, X,
а на заднемъ брусѣ: I, 1; I, 2, I, 3; I, 9; II
или 11, 12, 13, 19, 20.

Встрѣчается также подпись: 0, 1, 2, 9, X
1, 2, 3, 4, 9, X.

На чертежѣ 28 представлена раздвинутая рейка, если смотрѣть на нее въ профиль (сбоку). На немъ AA' передній

брусъ, а BB' — задній брусъ, къ переднему бусу привернута верхняя скоба съ винтомъ K , могущимъ плотно прижать задній брусъ къ переднему; нижняя скоба привернута къ низу бруса BB' , т. е. къ заднему бусу, скользящему вдоль передняго. При раздвиганіи рейки нижняя скоба поднимается къ верхней скобѣ. *Подпись цифръ на рейкѣ должна идти въ обратномъ видѣ*, какъ показано на предшествующемъ чертежѣ, такъ какъ зрительныя трубы нивелировъ — астрономическія, т. е. дающія изображенія въ обратномъ видѣ. Въ планѣ раздвижная мюнхенская рейка имѣетъ видъ, указанный на чертежѣ 29.

Для того, чтобы дерево не размочаливалось и рейка не оббивалась, сверху и снизу она обита желѣзными скобками, имѣющими видъ поперечнаго сѣченія рейки. Нижний конецъ рейки, которымъ она ставится на землю, или на деревянный колышекъ, обозначающій точку мѣстности, принято называть *пяткою рейки*.



Черт. 27. Черт. 27а. Черт. 29.

Производство топографическаго нивелированія.

§ 10. Виды геометрической нивелировки. Приѣмъ нивелировки вполне зависитъ отъ той цѣли, съ которой предпринимается нивелированіе. I) Если опредѣляется разность уровней двухъ *незначительно удаленныхъ* другъ отъ друга точекъ и при этомъ оказывается вполне достаточнымъ *одной постановки* инструмента или, какъ говорятъ, *одной станціи съ нивелиромъ*, то такое нивелированіе называется *простымъ*. Приѣмъ простаго нивелированія можетъ быть двоякій, — *впередъ* и *изъ середины*. II) Если же для опредѣленія разности уровней двухъ точекъ приходится брать нѣсколько станцій, то нивелированіе называется *сложнымъ*. При сложномъ нивелированіи опредѣляется разность уровней не только двухъ крайнихъ точекъ, а цѣлаго ряда точекъ на данномъ направленіи. Если сложное нивелирова-

ніе ведеться *вдоль* заранѣе намѣченной линіи заданнаго направленія (по прямой, ломаной, или кривой, или по извилинѣ, состоящей изъ ряда прямыхъ и кривыхъ), то такое нивеллированіе принято называть *продольнымъ*. Продольное (техническое) сложное нивеллированіе въ большинствѣ случаевъ ведеться по оси будущей дороги или по оси проектируемой канавы. Нивеллированіе, идущее (въ горизонтальной плоскости) подъ угломъ къ главному продольному, принято называть *поперечнымъ*. Поперечною нивеллировкой опредѣляется характеръ всей поверхности узкой полосы земли, предназначенной для дороги или канала. На основаніи продольной нивеллировки въ связи съ поперечною дѣлается расчетъ земляныхъ работъ для насыпей и выемокъ. Если ширина поперечныхъ профилей (вертикальных сѣченій) незначительна, какъ это имѣетъ мѣсто при нивеллировкѣ узкой полосы земли, то поперечная нивеллировка ведеться совмѣстно съ продольной. Если же ось поперечной нивеллировки достаточна длинна и число поперечныхъ профилей значительно, то поперечная нивеллировка поручается особому лицу. Для поперечныхъ нивеллировокъ нерѣдко пользуются даже простымъ вартепасомъ. III) Нивеллированіе можетъ имѣть цѣлю опредѣленіе *общаго характера поверхности цѣлаго участка мѣстности*;—такое нивеллированіе, дающее рядъ профилей: 1) непосредственно изъ полевыхъ дѣйствій, по заранѣе намѣченнымъ въ полѣ направленіямъ, а во 2) по плану (съ горизонталями) въ любомъ направленіи, называется *нивеллированіемъ поверхности*.

Если продольное нивеллированіе ведеться по оси будущей дороги или канала по несомкнутой линіи, состоящей изъ ряда прямыхъ, соединенныхъ кривыми, то въ такомъ случаѣ прямая между двумя сосѣдними кривыми называютъ „*прямыми вставками*“, а кривая—„*закругленіями*“. Кривая эти по преимуществу дѣлаются дугами круговъ опредѣленныхъ (заранѣе данныхъ) радіусовъ.

§ 11. Нивеллированіе узкой полосы земли (будущей дороги или канала) слагается изъ а) *заготовленія оси нивеллированія* или *разбивки пикетажа* и б) собственно сложнаго продольнаго нивеллированія вдоль заготовленной оси, иногда въ связи съ поперечнымъ нивеллированіемъ.

а) *Заготовленіе оси продольнаго нивеллированія* слагается изъ *разбивки прямыхъ линій* и изъ *разбивки закругленій* и заключается, помимо вѣшенія линій, I) въ промѣрахъ разстояній стальной лентой (или цѣпью), II) въ забиваніи деревянныхъ кольевъ а) въ мѣстахъ постановокъ реекъ (для обозначенія пикетовъ), б) въ мѣстахъ, означающихъ начало, средину и конецъ кривой, в) въ точкахъ *перегиба* земной поверхности, г) въ мѣстахъ точекъ поперечныхъ профилей и т. п., III) въ правильной нумераціи забитыхъ кольевъ, IV) въ измѣреніи теодолитомъ (или инымъ угломернымъ

инструментомъ, напр., пантометромъ) угловъ между прямыми вставками, (а также и при детальной разбивкѣ кривыхъ), V) въ нанесеніи пикетовъ на кривыя и VI) въ правильномъ веденіи пикетажной книжки.

б) *Собственно сложное продольное нивелирование* заключается 1) въ удачномъ выборѣ наименьшаго числа станцій по оси, 2) въ надлежащей установкѣ инструмента на станціяхъ, 3) въ правильномъ чтеніи на рейкахъ отрѣзковъ, даваемыхъ горизонтальною нитью зрительной трубы (считая ихъ отъ пятки рейки), 4) въ надлежащей записи отсчетовъ въ графы журнала нивелированія и 5) въ принятіи ряда предосторожностей, исключающихъ возможность какъ грубыхъ ошибокъ, такъ и неизбѣжныхъ погрѣшностей (отъ несовершенства инструментовъ, несовершенства приѣма нивелировки и отъ несовершенства зрѣнія наблюдателя) въ окончательныхъ результатахъ сдѣланныхъ наблюдений.

§ 12. *Отмѣтна. Реперъ. Связующія и промежуточные точки нивелировки.* *Отмѣткою* точки земной поверхности, или, иначе, ея *альтитудой* условимся называть высоту ея надъ заранѣе нами выбраннымъ уровнемъ. За этотъ уровень обыкновенно считаютъ средній горизонтъ водъ извѣстнаго моря (напримѣръ, Балтійскаго или Чернаго) въ заранѣе намѣченномъ пунктѣ.

Если же высоты точекъ нивелируемой мѣстности будемъ относить къ произвольному фиктивному уровню, то такія отмѣтки станемъ называть *условными*.

Высоту линіи визированія на каждой станціи надъ условнымъ уровнемъ будемъ называть *горизонтомъ инструмента* или *горизонтомъ станціи*.

Постоянныя точки (чѣмъ-либо хорошо замѣченныя относительно окружающихъ ихъ точекъ, напр., верхнія линіи цоколей церквей и каменныхъ зданій, специально вбитые горизонтально желѣзные болты въ стѣны, верхній край сруба колодца, а также прочно врытые по пути нивелированія въ землю, специальной формы, столбики и т. п.), отъ которыхъ ведется нивелировка, или при которыхъ заканчивается нивелирный ходъ, будемъ называть *реперами* или *нивелированными марками* (замѣтками).

Точки, на которыя будемъ дѣлать взгляды (т.-е. брать отсчеты) по одной и той же рейкѣ *съ двухъ соседнихъ станцій* сложнаго продольнаго нивелированія, будемъ называть *связующими* точками нивелировки, точки же, встрѣчающіяся между связующими—*промежуточными*. Въ зависимости отъ наклона мѣстности и отъ силы зрѣнія трубы и чувствительности уровня разстояніе между связующими точками мѣняется, а потому мѣняется и разстояніе между станціями.

Обыкновенно связующими точками дѣлають пикеты, и общепринятое разстояніе между двумя соседними пикетами 50 сажень.

На мѣстности ровной связующія точки берутся на разстояніи отъ 50 до 100 сажень, если труба имѣетъ увеличеніе въ 30 разъ и цѣна одного дѣленія уровня, т.-е. угловая ея величина, не превышаетъ 10".

На мѣстности крутой разстояние отъ рейки до инструмента доходитъ до 5 сажень, при нивелированіи впередъ, и до 10 сажень при нивелированіи изъ середины.

§ 13. Разбивка прямыхъ линий, длиною отъ 50 до 350 саж., дѣлается по трубѣ теодолита; вѣшеніе линіи начинается съ дальней вѣхи, постепенно приближаясь къ теодолиту, при этомъ *предварительно* всегда слѣдуетъ *хорошо вывѣрить* перпендикулярность коллимаціонной плоскости трубы къ плоскости лимба. Провѣшиваніе же болѣе длинныхъ прямыхъ ¹⁾, которыя тянутся на одну или нѣсколько верстъ, требуетъ приборовъ съ *сильными зрительными трубами*, (увеличеніе въ 30—40 разъ), переводящимися черезъ зенитъ или переключивающимися въ лагерахъ, имѣющихъ обязательно уровень на горизонтальной оси вращенія зрительной трубы, и такъ какъ такіе приборы приспособлены специально для разбивки угла въ 180°, или 200 gr., то у нихъ совсѣмъ не имѣется лимба съ дѣленіями. Эти приборы называются *алиниометрами*.

§ 14. Разбивка закругленій въ главныхъ ихъ точкахъ. Надобность въ разбивкѣ закругленій встрѣчается вслѣдствіе того, что движущійся экипажъ (или судно) не можетъ *сразу* подъ любымъ угломъ *свернуть* съ одного прямолинейнаго направленія на другое. Въ подобныхъ случаяхъ переходъ совершается *постепенно по кривой, касающейся къ двумъ даннымъ прямымъ*. Кривая, сопрягающая двѣ прямыя, большею частію бываетъ *дугою окружности заданнаго радіуса*. Величина радіуса мѣняется въ зависимости отъ назначенія (отъ техническихъ условій) сооружаемаго пути сообщенія. На желѣзныхъ дорогахъ онъ достигаетъ своего наибольшаго значенія, въ водяныхъ и шоссеиныхъ путяхъ можно встрѣтить его минимумъ.

Точки прикосновенія кривой къ даннымъ прямымъ, т.-е. *начало А* (черт. 30) и *конецъ Е* кривой, а также ея *середину S* принято называть *главными точками*.

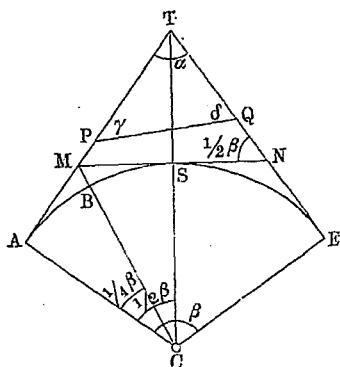
Радіусомъ, началомъ и концомъ— кривая вполне задана и ими же опредѣляется ея положеніе. Здѣсь разъ навсегда замѣтимъ себѣ, что *центръ кривой не дается и онъ не отыскивается*.

Обыкновенно на мѣстности измѣряется уголъ α между начальнымъ направленіемъ AT и конечнымъ— TE и тотчасъ высчитывается центральный уголъ $\beta = 180^\circ - \alpha$, по которому вычисляется длина b дуги AE при данномъ радіусѣ r по формулѣ

$$(1) \dots b = \frac{\beta}{180} \cdot r \pi \text{ или } b = \frac{\beta}{\rho} \times r, \text{ гдѣ } \rho = \frac{180}{\pi}, \text{ а также вы}$$

числяются длины касательныхъ.

¹⁾ Направленіе такихъ линій задается азимутомъ.



Черт. 30.

$$(2) \dots TA = TE = r \cdot tg \frac{1}{2} \beta \text{ и биссектрисы}$$

$$(3) \dots TS = r \cdot Sec \frac{1}{2} \beta - r.$$

Если въ серединѣ S провести касательную MN , то положеніе ея будетъ опредѣляться отрезками

$$(4) \dots AM = NE = MS = NS = r \cdot tg \frac{1}{4} \beta$$

для $ST = MS \cdot tg \frac{1}{2} \beta$ получится контрольная формула.

$$(5) \dots TS = r \cdot tg \frac{1}{2} \beta \cdot tg \frac{1}{4} \beta.$$

Длина части касательной MT опредѣляется такъ:

$$(6) \dots MT = MS \cdot Sec \frac{1}{2} \beta = r \cdot Sec \frac{1}{2} \beta \cdot tg \frac{1}{4} \beta$$

и, наконецъ,

$$(7) \dots MB = r tg \frac{1}{4} \beta \cdot tg \frac{1}{8} \beta \text{ или}$$

$$(8) \dots MB = r \cdot Sec \frac{1}{4} \beta - r.$$

Если точка T недоступна, то въ произвольныхъ точкахъ P и Q , лежащихъ на данныхъ направленіяхъ, измѣряютъ углы γ и δ , и по нимъ находятъ $\alpha = 180 - (\delta + \gamma)$.

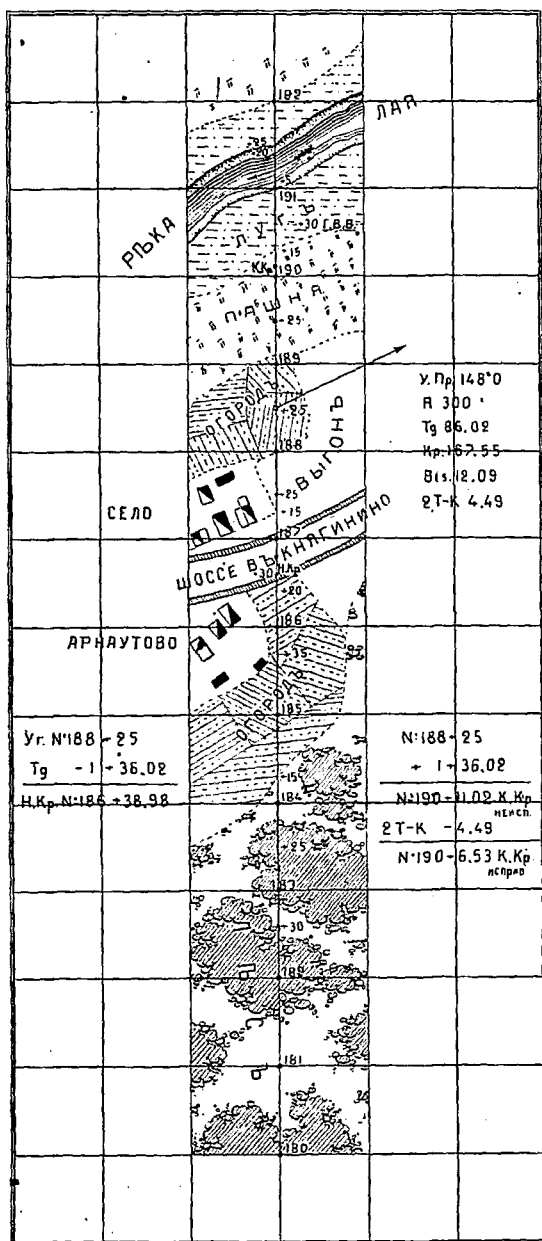
Въ полѣ, при разбивкѣ кривой, отмѣряютъ длины TA и TE цѣпью (или лентой), въ точкѣ T по инструменту отмѣряютъ отъ направленія AT половину угла α и откладываютъ длину TS . Иногда по мѣстнымъ условіямъ приходится за исходныя точки брать P и Q или (M и N). Во избѣжаніе вычисленій можно пользоваться специально для этого составленными таблицами Кренке, Стримбана, Моржова, Яцыны и т. п.

§ 15. Нумерація кольевъ пикетажа. Въ начальной точкѣ оси нивеллировки забивается колъ вровень съ землею, а рядомъ съ нимъ другой, верхушка котораго выше и на которомъ пишется цифра нуль. Вдоль по оси отъ нулевого пикета отмѣриваются 50, 100, 150 и т. д. саженъ съ постановкою на концахъ этихъ разстояній по два кола, одного вровень съ землею, представляющаго собственно пикетъ, а другого (сторожокъ) съ номеромъ 1, или 2, или 3 и т. д. Этотъ способъ нумераціи пикетовъ удобенъ въ томъ отношеніи, что число десятковъ номера есть вмѣстѣ съ тѣмъ число верстъ отъ нулевого пикета. Дѣйствительно, 10-й пикетъ отстоитъ отъ начальнаго на разстояніи одной версты, ибо $10 \times 50 \text{ саж.} = 500 \text{ саж.}$, 20-й—на разстояніи двухъ верстъ, ибо $20 \times 50 = 1000 \text{ саж.}$, и вообще пикетъ съ номеромъ 723 отстоитъ отъ начальнаго на разстояніи 72,3 верстъ $= 72 \text{ вер. } 150 \text{ саж.}$

Употребляется иногда также и другой способъ обозначенія пикетовъ, а именно, они перенумеровываются такъ: $\frac{0}{0}, \frac{0}{1}, \frac{0}{2}, \dots, \frac{0}{9}, \frac{1}{0}, \frac{1}{1}, \dots, \frac{1}{9}, \frac{2}{0}, \frac{2}{1}, \dots$. Здѣсь верхнія цифры означаютъ число верстъ отъ нулевого пикета, а нижнія—номеръ пикета.

Въ виду того, что разность уровней отдѣльныхъ пикетовъ при сложномъ нивеллированіи будетъ опредѣляться почти всегда по способу нивеллированія изъ середины, ре-

комендуется при промѣриваніи оси забивать колѣ между
Пикетажная книжка. пикетами на разстоя-
ніи 25 см. отъ про-



Черт. 31.

чаются отъ длины кривой; въ противномъ случаѣ дѣ-

дается поправка, заключающаяся въ томъ, что пикетъ непосредственно слѣдующій за угломъ поворота, ставится не въ 50 саж. отъ предыдущаго пикета, а въ $[50 + (2T - K)]$ саж.; здѣсь T есть длина касательной, а K — длина кривой, причемъ обѣ эти величины берутся изъ таблицъ для разбивки кривыхъ, напр., Кренке. Когда междупикетами встрѣтятся замѣтные для глаза перегибы мѣстности, то на нихъ забиваются колья и замѣчаются разстоянія ихъ отъ предыдущаго пикета. При перенумеровываніи пикетовъ дробями промежуточная точка обозначается, напр., черезъ $\frac{2}{8} + 45$, это значитъ, что перегибъ мѣстности находится въ 45 саженьяхъ отъ 8-го пикета послѣ второй, т. е. третьей, версты.

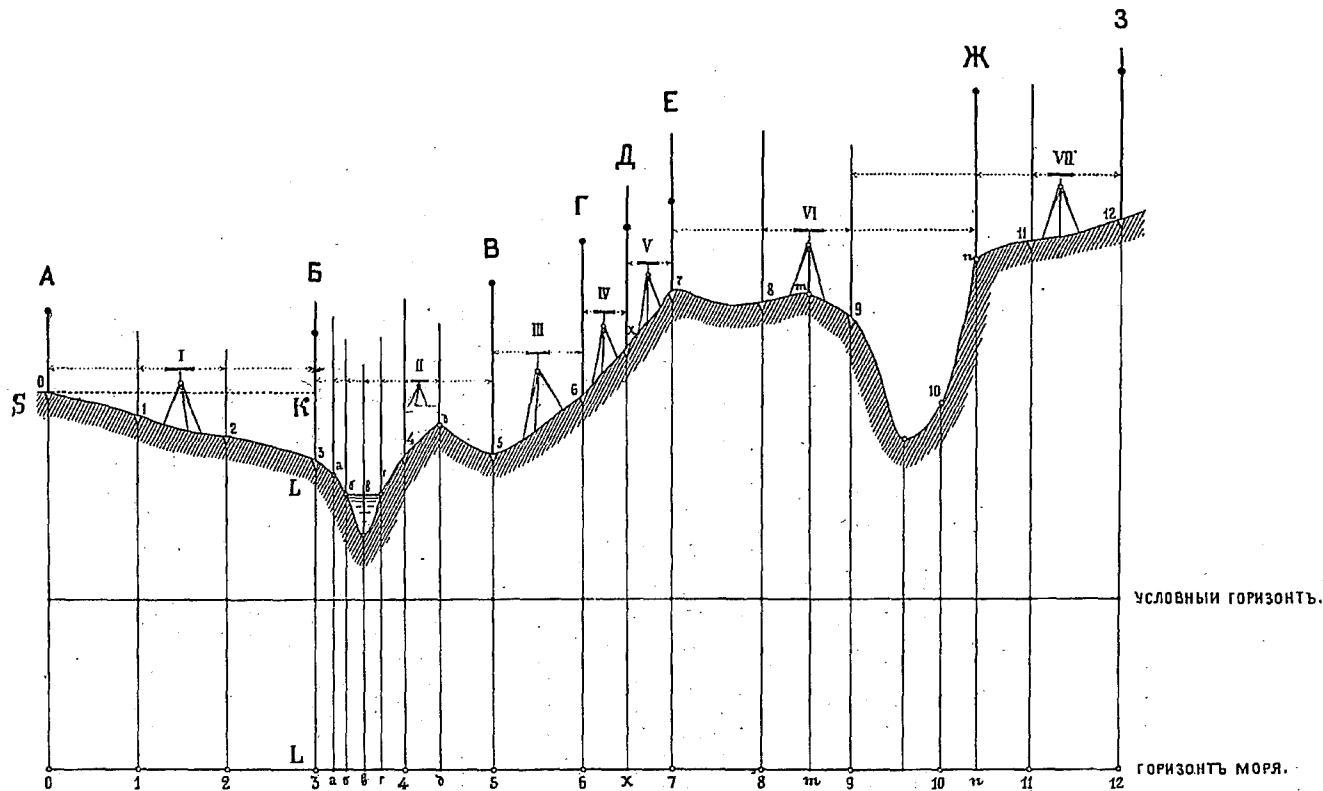
Относительно закругленій нужно сказать, что, при предварительныхъ изысканіяхъ направленій линій дорогъ, они для быстроты дѣйствій не разбиваются. А такъ какъ, съ другой стороны, нивеллировка по касательнымъ можетъ ввести иногда значительныя ошибки при расчетѣ въ земляныхъ работахъ, то вмѣсто кривой назначаются только тѣ точки ея, въ которыхъ придутся пикеты и въ которыхъ она имѣетъ перегибы мѣстности.

§ 16. Веденіе пикетажной книжки. Все сдѣланное при разбивкѣ оси нивеллированія на мѣстности изображается на абрисѣ, который отъ времени до времени пересылается другому съемщику, идущему съ нивеллиромъ позади.

На немъ помѣчаются всѣ пикеты, промежуточныя точки, начало и конецъ закругленій, контуры, пересѣкаемые осью, углы ея поворота, разстоянія отъ пикета до вершины и мѣста постановки реперовъ. Для веденія такого абриса очень удобны особыя пикетажныя *книжки* съ разграфленными на квадратики листочками, при чемъ продольная средняя линія на нихъ принимается за ось линіи дороги, пикеты подписываются ихъ номерами и назначаются черезъ одно и то же число дѣленій (клѣтокъ) листочка, а разстояніе промежуточной точки отъ предыдущаго пикета подписывается сбоку. Черт. 31 представляетъ часть пикетажной книжки; на ней показанъ ходъ отъ 180 до 192 пикета по пронивеллированной оси узкой полосы земли, предназначенной для желѣзной дороги (черт. см. дальше). Сначала линія идетъ по лѣсу, затѣмъ по огородамъ села Арнаутова. Село остается влѣво отъ оси. По серединѣ села проходитъ шоссе, пересѣкаемое осью. Ось поворачиваетъ вправо въ точкѣ, отстоящей отъ 188-го пикета на 25 саж. впередъ по ходу ($\text{№ } 188 + 25$) подъ угломъ въ $148^{\circ}0'$. Сопрягающая кривая разбивается радіусомъ въ 300 саж. Длины тангенсовъ и кривой высчитаны по таблицамъ кривыхъ. Здѣсь же на поляхъ показано, какъ находятся начало и конецъ кривой. ($\text{№ } 186 + 38,98$) и ($\text{№ } 190 + 6,53$), величина продвига пикета № 191 за концомъ кривой ($2Tg - K$). По оси дороги замѣченъ переходъ рѣчки *Лам* съ указаніемъ горизонта ея высокихъ водъ (Г. В. В.).

§ 17. Порядокъ работы при сложномъ продольномъ нивелированіи. При описаніи порядка работъ мы сдѣлаемъ предположеніе, что сначала работа идетъ на мѣстности ровной, затѣмъ мѣстность становится болѣе крутой, но еще доступной для топографическаго нивелированія и, наконецъ, допустимъ, что на пути встрѣтился глубокой оврагъ, шириною болѣе 50 сажень, т. е. пусть профиль нивелируемой мѣстности имѣетъ видъ, указанный на чертежѣ 32. Работа начинается съ того, что одного рабочаго ставятъ съ рейкой на коль A нулевого пикета, а другого рабочаго посылаютъ на пикетъ, напр., № 3, съ инструментомъ же становятся на серединѣ линіи AB . Мѣсто для I станціи выбирается на глазъ такъ, чтобы оба разстоянія IA и IB оказались одинаковыми. Избравъ мѣсто для станціи, приводятъ вертикальную ось вращенія нивеллира въ отвѣсное положеніе, для чего сперва ставятъ ось уровня по направленію двухъ подъемныхъ винтовъ и приводятъ пузырекъ уровня на середину трубки, а затѣмъ — по направленію третьяго винта и, дѣйствуя имъ, приводятъ пузырекъ уровня на середину трубки. Приведя инструментъ въ горизонтальное положеніе, дѣлаютъ бѣглые взгляды — „прикидываются“ на заднюю рейку пикета № 0, и на переднюю — № 3-го, чтобы убѣдиться, что станція выбрана удачно, т. е. что *взглядъ назадъ* не бьетъ въ землю, а *взглядъ впередъ* не проходитъ надъ рейкою. При неудачномъ выборѣ мѣста, стремятся встать *въ сторону отъ линіи* (въ ложбинкѣ, или на пригоркѣ), предъявляя къ новой стоянкѣ прежнія требованія, т. е. чтобы $AI = IB$ и чтобы взгляды *назадъ* и *впередъ* легко можно было сдѣлать на выставленныхъ рейкахъ. Иногда бываетъ достаточнымъ, не мѣняя мѣста инструмента, только приподнять или опустить (раздвинуть) ножки штатива. Если новая попытка окажется неудачной, то уменьшаютъ разстояніе AB . Пусть труба нивеллира имѣетъ достаточную силу зрѣнія, напр., увеличиваетъ въ 30 разъ и между точками A и B — наклонъ мѣстности (къ горизонту) слабый, станція I удачно пришлась на самой линіи, инструментъ приведенъ въ горизонтальное положеніе, тогда нивелировщикъ, *слѣдя за уровнемъ, чтобы его пузырекъ во время отсчета по рейкѣ строго оставался на серединѣ трубки*, прочитываетъ показаніе горизонтальнаго волоска сѣтки на задней рейкѣ, *оцѣнивая тысячныя доли сажени на глазъ*, и заноситъ отсчетъ въ журналъ нивелированія, въ графу (на лѣвой сторонѣ книжки), озаглавленную „*читанные взгляды назадъ*“. Послѣ этого вращаетъ нивеллиръ около вертикальной оси на 180° и читаетъ по передней рейкѣ B , *слѣдя за уровнемъ*. Прочитанный отсчетъ заноситъ въ графу — „*читанные взгляды впередъ*“.

Затѣмъ или измѣняется высота инструмента (простымъ надавливаніемъ на концы ножекъ штатива — подошвою сапога),



или труба перекладывается въ лагеряхъ и (у нивеллировъ Эго и Керна) поворачивается около геометрической оси на 180° , инструментъ вновь приводится въ горизонтальное положеніе и отсчеты повторяются, т. е. дѣлаются вторые (*контрольные*) отсчеты по задней и передней рейкамъ; контрольные отсчеты записываются въ тѣхъ же двухъ графахъ, подъ первыми отсчетами. Теперь слѣчаютъ записи и убѣждаются, что разность заднихъ отсчетовъ равняется разности переднихъ, т. е. эти разности отличаются между собою не болѣе какъ на 2 или 3 тысячныхъ доли сажени. Иначе контрольные отсчеты повторяются. Заднему рабочему командуются—*„Задняя рейка впередъ!“* Рабочій, дойдя до пикета № 1, останавливается, прочитываетъ вслухъ надпись на колѣ, ставитъ пятку рейки на колѣ, вбитый вровень съ землею у кола съ номеромъ, и нивеллировщикъ читаетъ показаніе рейки на пикетѣ № 1. Отсчетъ заносится въ графу *„читанные промежуточные взгляды“*. Нивеллиръ поворачивается на 180° , задній рабочій переходитъ на пикетъ № 2, обертывается лицомъ къ нивеллировщику, наблюдатель прочитываетъ показаніе на рейкѣ пикета № 2 и заноситъ отсчетъ въ графу читанныхъ промежуточныхъ взглядовъ. Задній рабочій идетъ впередъ и *проходитъ мимо передняго рабочаго*. Нивеллировщикъ же съ инструментомъ слѣдуетъ за нимъ и приказываетъ ему встать, напр., на пикетъ № 5. Передній рабочій, стоявшій на пикетѣ № 3, *остается на мѣстѣ* и вращаетъ свою рейку на пяткѣ около вертикальной линіи на 180° . Такъ какъ теперь рейка *Б* на пикетѣ № 3 будетъ задней рейкою для слѣдующей *II* станціи, и взглядъ на нее свяжетъ точку *Б* со слѣдующею точкою *В* мѣстности, т. е. точка *Б* будетъ связывать показанія нивеллира на *I* станціи съ показаніями его на второй станціи, то точка *Б* именуется *связующею* точкою. *Во журналѣ всѣ записи, сдѣланныя на I станціи подчеркиваются* (отдѣляются отъ слѣдующихъ горизонтальной чертой) и *запись начинается вновь* со связующей точки пикета № 3. Такимъ образомъ въ журналѣ противъ пикета № 3 со второй станціи записи уже должны придтись въ графѣ *„взгляды назадъ“*, поэтому и точка № 3 записывается два раза въ журналѣ: одинъ разъ съ первой станціи, а во второй разъ, подъ чертою, со второй станціи ¹⁾.

Установивъ рейки въ точкахъ *Б* (пик. № 3) и *В* (пик. № 5), нивеллировщикъ, перейдя рѣчку, останавливается на пригоркѣ, пройдя 4-й пикетъ, въ сторонѣ отъ нивеллируемой линіи *БВ* и, убѣдившись, что разстоянія *ИБ* и *ІВ* на глазъ равны, повторяетъ тѣ же дѣйствія, что и на *I* стан-

¹⁾ Запись съ одной станціи всегда размѣщается на одной и той же страницѣ. Не допускается дѣлать запись такъ, чтобы, напр., взглядъ „назадъ“ былъ на 1-й страницѣ, а взглядъ „впередъ“ на 2-й страницѣ.

ції, т. е., приведя инструментъ въ горизонтальное положеніе, дѣлаетъ взгляды сперва на связующія точки, а именно: на *Б*—взглядъ назадъ и на *В*—взглядъ впередъ. Убѣдившись контрольными отсчетами, что грубыхъ просчетовъ не сдѣлано, подвигаетъ задняго рабочаго послѣдовательно въ точки *а, б, в, г, № 4* и *д*, занося каждый разъ послѣдовательно прочтенные по задней рейкѣ взгляды въ графу „читанныхъ промежуточныхъ взглядовъ“.

Между 5 и 6 пикетами—мѣстность становится круче, станція III взята на разстояніи 25 саж. отъ этихъ пикетовъ, промежуточныхъ точекъ также нѣтъ.

Между 6 и 7 пикетами скатъ настолько крутъ, что промежутокъ между этими пикетами приходится разбить вспомогательной, такъ называемой, *Х*—точкой на двѣ станціи IV и V, сдѣлавъ *Х*—точку связующей между ними, а

потому забить въ ней колъ съ надписью $\frac{X}{\text{№ } 6 + 30}$

Между 7, 8 и 9 пикетами мѣстность въ общемъ образуетъ почти горизонтальную площадку и, не доходя 9 пикета начинается широкій оврагъ; причемъ пикетъ № 10 приходится на глубокомъ днѣ оврага, а пикетъ № 11 по другую сторону оврага на ровной небольшой покатости, гдѣ находится и пикетъ № 12. Вслѣдствіе этого станція VI взята въ точкѣ *т* между 8 и 9 пикетами, связующими точками избраны *Е* (№ 7) и *Ж* (*н*), пикетъ № 8 вошелъ какъ промежуточный для VI станціи. Точка *н* взята по другую сторону оврага, такъ что „взглядомъ впередъ“ на рейку *Ж*, стоящую въ точкѣ *п*—„перекидываются“ черезъ оврагъ.

Седьмая станція взята между 11 и 12 пикетами, ближе къ 11; причемъ связующими точками здѣсь служатъ *Ж* (*н*) и 3 (№ 12), а промежуточными—пикеты № 9 и № 11; здѣсь также взглядомъ на 9 пикетъ „перекидываются“ на начало оврага.

Если бы на промежуточную точку 9 пикета были сдѣланы самостоятельные взгляды съ VI и VII станціи, то для ея отмѣтки получилось бы два результата: одинъ изъ наблюденій съ VI, а другой изъ наблюденій съ VII станціи.

Наконецъ, если бы, стоя въ точкѣ *т*, измѣрили высоту инструмента отъ земли до центра объектива и сдѣлали бы запись въ журналъ на станціи VI, то точка *т* получилась бы какъ промежуточная, ибо высота инструмента замѣнила бы взглядъ на рейку, которая могла стоять въ *т*, если бы станція VI была взята въ сторонѣ линіи *ЕЖ*.

Когда за первымъ нивелиромъ слѣдомъ идетъ контролемъ второй нивелиръ, то контролирующий ставитъ рейки только на связующія точки, а потому первый нивелировщикъ, дѣлая контрольные отсчеты, не мѣняетъ высоту своего нивелира и не теряетъ времени на вторичное приведеніе нивелира въ горизонтальное положеніе.

Успѣхъ работы зависитъ отъ навыка нивелировщика и реечниковъ. Въ среднемъ, если день прохладный, *при небольшихъ уклонахъ*, въ открытой мѣстности, за день въ 10 рабочихъ часовъ успѣваютъ опытные работники проходить до 15 верстъ. Въ лѣсу, гористой или болотистой мѣстности успѣхъ значительно понижается и доходитъ до $1\frac{1}{2}$ —2 верстъ въ день, особенно въ жаркіе дни, когда въ трубѣ воздухъ кажется отъ нагрѣванія дрожащимъ и изображенія реекъ беспокойными, отчего разстояніе между связующими точками приходится сокращать почти вдвое.

§ 18. Превышеніе конечной точки надъ начальной при сложномъ нивелированіи. Превышеніе одной точки надъ другою, при простомъ нивелированіи изъ середины, какъ мы видѣли въ началѣ статьи о нивелированіи, равняется разности между взглядомъ назадъ и взглядомъ впередъ (см. § 2).

Разность эта считается положительной для повышающейся мѣстности и отрицательной для понижающейся мѣстности,—такъ KL (черт. 32) считается отрицательнымъ. Изъ чертежа 32 легко видѣть, что KL есть проекція на вертикальную линію LK прямой SL , соединяющей точки S и L (въ вертикальной плоскости).

На основаніи этого замѣчанія можно сказать, что если бы мы соединили послѣдовательно всѣ связующія точки прямыми линіями, то *превышеніе послѣдующей точки надъ предшествующей всегда представитъ проекцію на вертикальную ось прямолинейнаго между ними разстоянія*. А потому, если бы мы мысленно соединили прямою конечную точку нивелирнаго хода съ начальною точкою, то тѣмъ самымъ замкнули бы многоугольникъ, лежащій въ вертикальной плоскости, вершинами котораго служатъ связующія точки.

Проекціею этой замыкающей стороны служило бы превышеніе конечной точки надъ начальной. Но такъ какъ, съ другой стороны, извѣстно, что проекція замыкающей стороны многоугольника равна суммѣ проекцій остальныхъ сторонъ, то можно сказать, что *превышеніе H конечной точки надъ начальною въ нивелирномъ ходѣ равно алгебраической суммѣ отдѣльныхъ превышеній h между соседними, взятыми попарно, связующими точками полигона, т. е.*

$$H = \Sigma h.$$

Но такъ какъ каждое отдѣльное превышеніе h равняется разности взглядовъ назадъ и впередъ, т. е.

$$h = n - v,$$

то можно написать, что

$$H = \Sigma (n - v) = \Sigma n - \Sigma v,$$

т. е. *превышеніе (или разность уровней) въ несомкнутомъ¹⁾ полигонѣ конечной точки надъ начальною равно суммѣ взглядовъ*

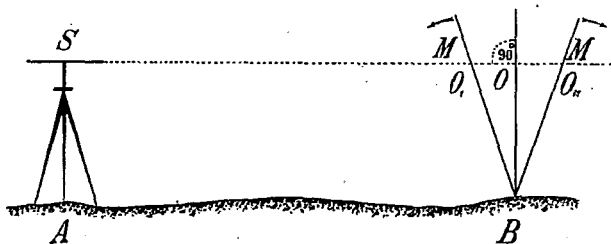
¹⁾ (въ горизонтальной плоскости, т. е. на земной поверхности)

назадъ безъ суммы взглядовъ впередъ. Положеніе это будетъ справедливо для любого числа точекъ несомкнутого полигона.

Если бы пронивеллировали сомкнутый полигонъ, т. е. конечная точка полигона совпала съ начальной, то $H=0$, слѣдов., *сумма взглядовъ назадъ безъ суммы взглядовъ впередъ въ сомкнутомъ полигонѣ равна нулю.*

На основаніи этого, если условимся на каждой страницѣ ¹⁾ журнала подсчитывать сумму взглядовъ впередъ и сумму взглядовъ назадъ, то разность этихъ суммъ въ то же время будетъ равняться разности отмытокъ (альтитудъ) точекъ, отъ которой начали и при которой закончили суммирование. Разность этихъ отмытокъ равна также алгебраической суммѣ отдѣльныхъ превышеній. Въ этомъ мы еще разъ наглядно, на цифрахъ, убѣдимся въ статьѣ о *вычисленіи отмытокъ* нивеллирнаго хода.

§ 19. Уклоненіе рейки отъ отвѣснаго направленія. Геометрическое нивеллированіе или *гипсометрія*, какъ мы видѣли



Черт. 33.

во вступленіи, основано на полученіи на каждой станціи *точно горизонтальнаго луча зрѣнія* и на умѣнн правильно читать по рейкѣ. Обыкновенно въ трубу прочитываютъ на рейкѣ цѣлыя сажени, десятыя ихъ доли и сотыя, а тысячныя доли сажени цѣнятъ на глазъ. Встрѣчаются рейки, подраздѣленные на двухтысячныя доли сажени, т. е. каждая сотка подраздѣлена еще на пять частей, но онѣ рябятъ въ глазахъ и мало употребительны. Точно держать рейку *по отвѣсу* болѣе, чѣмъ одну, двѣ минуты, бываетъ затруднительно, — неопытный рабочій (реечникъ) будетъ ее качать. Во избѣжаніе ошибки въ отсчетъ по рейкѣ отъ ея дрожанія или колебанія слѣдуетъ себѣ замѣтить, что истинный отсчетъ BO по рейкѣ (черт. 33) горизонтальнымъ лучемъ SO всегда будетъ *наименьшій* изъ всѣхъ возможныхъ въ трубу отсчетовъ при нахожденіи пузыря уровня на серединѣ трубки; дѣйствительно, такъ какъ BO опишетъ окружность O, OO_{nn} , касательную въ точкѣ O къ горизонтальному лучу зрѣнія SO , то BO будетъ перпендикулярно къ SO , а направленія BO_1 и BO_{nn} — наклонны къ SO

¹⁾ (дѣлая запись указаннымъ въ предыдущемъ § порядкомъ, т. е. размѣщая ее съ одной и той же станціи на одной страницѣ n , слѣдовательно, заключая страницу всегда взглядомъ впередъ).

Изъ чертежа 34 видно, что поправку за кривизну земли слѣдуетъ *вычитать* изъ сдѣланнаго отсчета по рейкѣ, вычисляя ее по данному разстоянію x отъ инструмента до рейки, при чемъ поправка дѣйствуетъ *прямо пропорционально квадрату разстоянія*, — такъ что, увеличивая разстояніе до рейки вдвое, тѣмъ самымъ увеличиваемъ вліяніе ошибки *вчетверо* и т. д. При $x=50$ саж. и $r=6000$ вер., найдемъ:

$$y = \frac{50 \times 50}{2 \times 6000 \times 500} = \frac{1}{2400} = 0,0004,$$

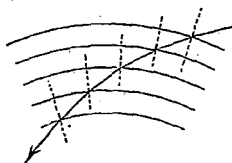
для $x=100$ саж. поправка $y=0,0016$,

а для $x=500$ саж. = 1 верстѣ $y=0,04$ саж.

Обратно, при $y=0,001$ саж., разстояніе $x=77$ саж.

Такимъ образомъ, при оцѣнкѣ на глазъ тысячныхъ долей сажени, величина y сказывается, начиная съ 80 саж. разстоянія отъ инструмента до рейки.

Поправка отъ рефракціи. Покажемъ, что при отсчитываніи по рейкѣ мы получаемъ не ошибку DB , а величину DD' (черт. 36) равную $DB-BD'$. Уменьшеніе на величину BD' разстоянія DB (горизонтальнаго луча зрѣнія AB до горизонтальной уровенной поверхности AD (черт. 36) зависитъ отъ вліянія *рефракціи*, т. е. отъ того явленія, что свѣтовой лучъ не распространяется въ воздухѣ прямолинейно, а направляется по слабо изогнутой кривой (черт. 35). Эта кривая повернута своей вогнутостью къ поверхности земли. Явленіе рефракціи объясняется неравномѣрной плотностью слоевъ атмосферы, окружающей землю. Слои, concentрически располагаясь вокругъ земной поверхности, имѣютъ наименьшую плотность вверху и наибольшую внизу, въ слой, непосредственно прилежащемъ къ землѣ (черт. 35). Лучъ свѣта, направляясь сверху внизъ, изъ среды менѣе плотной въ среду болѣе плотную, будетъ преломляться; при переходѣ изъ слоя въ слой, онъ станетъ приближаться къ отвѣсной линіи и дастъ ломанную линію. Но такъ какъ толщину каждаго слоя можно считать безконечно малой, то ломанный путь свѣтового луча и будетъ — вышеупомянутая кривая чертежа 35.



Черт. 35.

Пусть $D'A$ (черт. 36) изображаетъ рефракціонную кривую луча свѣта, которая, идя отъ точки D' рейки, послѣднимъ своимъ элементомъ сливается съ касательной AB въ точкѣ A этой кривой, тогда глазъ черезъ трубу по направленію луча AB увидитъ отсчетъ, соотвѣтствующій въ дѣйствительности точкѣ D' рейки. Вслѣдствіе чего поправка BD , выведенная въ предположеніи, что отсчетъ по рейкѣ соотвѣтствуетъ ея дѣленію въ точкѣ B , подлежитъ исправленію на BD' за уклоненіе луча изъ точки B въ точку D' .

По изслѣдованію Деламбра, для короткихъ разстояній, какъ разстоянія отъ рейки до инструмента, вполне возможно считать среднюю рефракціонную кривую AD' (черт. 36) за дугу окружности круга радіуса R , величина котораго въ *шесть—семь* разъ превышаетъ среднюю величину r земного радіуса. Согласно чертежа 36, примѣняя къ рефракціонной кривой AD' формулу (1) этого §, можно написать

$$D'B' = \frac{\xi^2}{2R} \dots (2);$$

гдѣ $\xi = AB'$ весьма мало отличается отъ $x = AB$, точно такъ же, какъ $D'B'$ — отъ отрезка $D'B = \eta$ отвѣсной линіи BC , а потому съ достаточнымъ приближеніемъ можно принять взамѣнъ (2), послѣ подстановки x вмѣсто ξ , η вмѣсто $D'B'$ и $7r$ или $6r$ вмѣсто R , слѣдующее выраженіе:

$$\eta = \frac{x^2}{2R} = \frac{1}{7} \cdot \frac{x^2}{2r} = \frac{1}{7} y \text{ или } \eta = \frac{1}{6} y \dots (3).$$

Величина DD' дастъ совмѣстную поправку отъ кривизны (сферичности) земли и отъ рефракціи; она (см. черт. 36) будетъ $DD' = BD - D'B = y - \eta$ или по формуламъ (1) и (3)

$$y - \eta = \frac{6}{7} y \left(\text{или } \frac{5}{6} y \right) = 0,84 y.$$

$$f = y - \eta = 0,84 \frac{x^2}{2r} \dots (4).$$

При $x = 1$ верстѣ и $\frac{x^2}{2r} = y = 0,04$ саж. будемъ имѣть:

$$f = y - \eta = 0,0336 \text{ саж.},$$

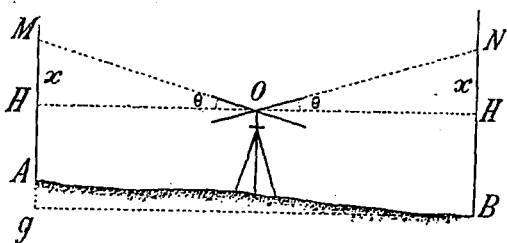
$$\text{а при } x = 100 \text{ саж.}, f = y - \eta = 0,0014.$$

Вотъ почему, желая достигнуть въ отсчетахъ по рейкѣ точности до тысячныхъ долей сажени, не рекомендуется увеличивать это разстояніе свыше 75 сажени.)

§ 21. Сравненіе нивелированія „впередъ“ съ нивелированіемъ „изъ середины“. Если сличать оба приѣма геометрической нивелировки, — „впередъ“ и „изъ середины“, то сравненіе приводитъ къ заключенію, что *при равенствѣ разстояній отъ станціи до пикетовъ, нивелированіе изъ середины слѣдуетъ предпочитать нивелированію впередъ*. Это заключеніе основано, во-первыхъ, на томъ, что при нивелированіи изъ середины уничтожается вліяніе неточнаго выполненія въ инструментѣ главнаго условія — параллельности оптической оси трубы съ осью уровня; однако, совершенное уничтоженіе вліянія этой погрѣшности достигнется только при помѣщеніи инструмента *точно въ равныхъ разстояніяхъ* между ни-

велируемыми пунктами. Дѣйствительно, если оптическая ось не параллельна оси уровня, а составляетъ съ нею нѣкоторый уголъ (черт. 37), вслѣдствіе неравенства подставокъ у трубы, то при визированіи на заднюю рейку отсчетъ на ней будетъ не $АН =$

$= a$, а $АМ = a' =$
 $= a + x$, гдѣ $x =$
 $= НМ$ — ошибка въ
отсчетѣ по задней
рейкѣ; точно такъ
же отсчетъ на пе-
реднюю рейку бу-
детъ $ВН = b' = b + x'$.



Черт. 37.

Но для полученія разности уровней $Аg = u$ точекъ A и B слѣдуетъ образовать разность отсчетовъ a и b , поэтому

$$a - b = (a' - x) - (b' - x'),$$

откуда

$$a' - b' = (a - b) + (x - x').$$

Такъ какъ, при равенствѣ разстояній реекъ отъ инструмента, прямоугольные треугольники $МОН$ и $НОН$ равны между собою, то $x = x'$, а потому и

$$a' - b' = a - b$$

т. е., не смотря на непараллельность осей уровня у трубы, разность отсчетовъ на рейкахъ даетъ вѣрную разность уровней, если только разстоянія отъ инструмента до реекъ одинаковы.

Во-вторыхъ, если разстоянія до передней и задней рейки одинаковы, то при нивелированіи изъ середины уничтожается вліяніе неравенства цапфъ, влекущее за собою непараллельность осей трубы и уровня.

Въ третьихъ, при нивелированіи изъ середины, въ результаты не входитъ поправка $f = \gamma - \eta$ отъ кривизны земли и рефракціи. Это важно въ особенности потому, что свойство и степень кривизны луча свѣта различны въ разное время года и въ разные часы дня.

Впрочемъ, и при нивелированіи впередъ можно избѣгнуть введенія въ отсчеты этой поправки f . Въ самомъ дѣлѣ, если поставимъ инструментъ сначала въ A , сдѣлаемъ отсчетъ на рейкѣ въ B и измѣримъ высоту $АМ = i$ инструмента, то разность уровней $Аg = u$ будетъ

$$u = +(i - b + f), \text{ гдѣ } f = \gamma - \eta.$$

Затѣмъ, если перенесемъ инструментъ въ B , а рейку въ A , то подобнымъ же образомъ будемъ имѣть:

$$u = -(i' - a + f),$$

слѣдовательно,

$$2u = (a - b) + (i - i') \text{ или:}$$

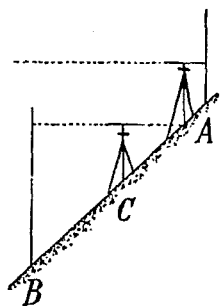
$$u = \frac{1}{2}[(a - b) + (i - i')].$$

Итакъ, для избѣжанія введенія поправки f при нивелированіи впередъ нужно становиться съ инструментомъ поочередно въ обѣ нивелируемыя точки, сдѣлать отсчеты на рейкахъ и измѣрить высоты инструмента, но это невозможно иногда сдѣлать на мѣстности крутой, а потому приѣмъ нивелированія впередъ и не имѣетъ тѣхъ преимуществъ, какія имѣетъ нивелированіе изъ середины; онъ при ordinarily постановкѣ инструмента не устраняетъ вліянія неизбѣжныхъ погрѣшностей инструмента.

Въ-четвертыхъ, нивелированіе изъ середины выгоднѣе тѣмъ, что разстояніе между нивелируемыми точками можетъ быть вдвое болѣе, чѣмъ при нивелированіи впередъ, а потому и работа должна идти вдвое быстрѣе. Если, наконецъ, замѣтимъ, что разстояніе отъ инструмента до рейки не мѣняется, то установивъ одинъ разъ трубу для наблюденій, не требуется кремальеркой мѣнять разстоянія отъ сѣтки до объектива, т. е. сомнѣваться въ неизмѣнности положенія визирной оси.

Эти причины, показывающія, что нивелированіе изъ середины точнѣе и быстрѣе нивелированія впередъ, совсѣмъ вытѣснили изъ употребленія способъ нивелированія впередъ, который примѣняется только въ исключительныхъ случаяхъ, напр., при нивелированіи чрезъ рѣчку болото, оврагъ и т. п. мѣстныя препятствія.

§ 22. Нивелированіе крутыхъ скатовъ. Крутые скаты не могутъ быть пронивелированы ни изъ середины, ни впередъ, потому что даже при тѣхъ наименьшихъ разстояніяхъ, при которыхъ ясно можно видѣть въ трубу дѣленія рейки, горизонтальный лучъ зрѣнія, съ одной стороны, упирается въ землю, ниже основанія рейки, какъ, напр., на черт. 38 при постановкѣ инструмента въ C , а съ другой, если даже нивелиръ поставить въ A (съ цѣлью произвести нивелированіе хотя бы по способу впередъ), то горизонтальный лучъ проходитъ выше рейки, находящейся на слѣдующей связующей точкѣ B , а потому въ этихъ случаяхъ употребляются другіе приѣмы, а именно: *посредствомъ ватерпаса, посредствомъ вертикальнаго круга углолѣтнаго инструмента и посредствомъ обыкновеннаго нивелира, прилѣняя его нѣсколько иначе.*



Черт. 38.

1-й способъ опредѣленія разности уровней посредствомъ ватерпаса былъ уже нами рассмотрѣнъ на чертежахъ 5 и 6. Но указанный тамъ приѣмъ справедливъ однако

въ томъ лишь случаѣ, когда ватерпасъ вѣренъ, т. е. когда выполняется условіе, что при совпаденіи нити отвѣса со штрихомъ распорки нижній край бруса горизонталенъ. При неточномъ его выполненіи нижній край бруса приметъ по-

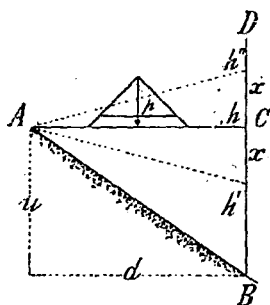
положеніе Ah' (черт. 39), отсчетъ на рейкѣ будетъ ошибоченъ на $hh' = x$, такъ что вѣрный отсчетъ $h = h' + x$. Если послѣ этого переложить брусъ обратными концами, то въ отсчетъ h'' по краю бруса войдетъ та же ошибка x , но съ обратнымъ знакомъ; при чемъ $h = h'' - x$. Следовательно,

$$h = \frac{h' + h''}{2},$$

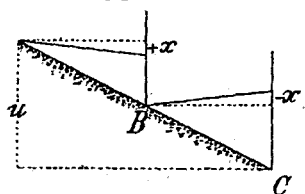
т.е. вѣрный отсчетъ на рейкѣ равенъ полусуммѣ отсчетовъ, сделанныхъ при двухъ положеніяхъ ватерпаса.

Ошибка не окажетъ также вліянія на разность уровней конечныхъ точекъ при наложеніи ватерпаса на покатость два, четыре и вообще четное число разъ, если только перекладывать его при этомъ послѣдовательно разъ за разомъ противоположными концами. Такъ, если для опредѣленія разности уровней точекъ A и C (черт. 40) ватерпасъ укладывался ровно два раза, то при первомъ положеніи его войдетъ въ отсчетъ ошибка $+x$, а при второмъ, послѣ переложения, ошибка $-x$; такъ что разность урвней u , равная суммѣ отдѣльныхъ разностей уровней точекъ A и B , B и C , будетъ свободна отъ ошибки.

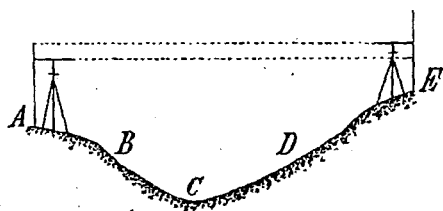
Вслѣдствіе этого, если для опредѣленія разности уровней u пикетовъ P и Q (черт. 6) надо положить ватерпасъ нечетное число разъ, то, помимо послѣдовательнаго перекладыванія, надо при послѣднемъ пятномъ брусъ переложить ватерпасъ дважды между тѣми же точками, какъ это показано на чертежѣ 39.



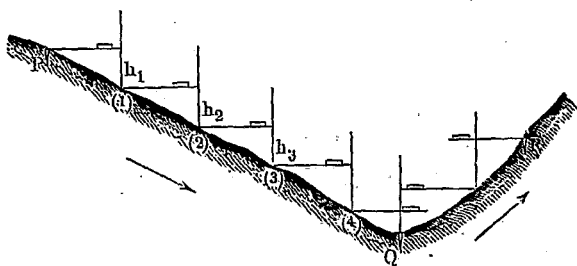
Черт. 39.



Черт. 40.



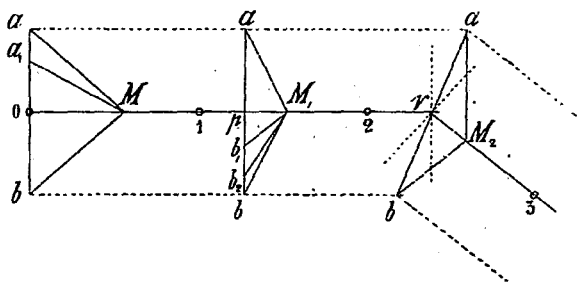
Черт. 41.



Черт. 6.

которую охватывается болѣе или менѣе широкая полоса земли; она производится по линіямъ перпендикулярнымъ къ продольной оси. Разстояніе между поперечными нивелировками зависитъ отъ характера мѣстности и отъ степени точности, съ которою долженъ быть составленъ проектъ сооруженія: чѣмъ мѣстность пересѣченнѣе и чѣмъ большая нужна точность, тѣмъ чаще берутся поперечныя нивелировки. Вообще же поперечныя сѣченія дѣлаются въ начальной и конечной точкахъ продольной оси, въ перегибахъ мѣстности и на всѣхъ поворотахъ оси. Длины поперечныхъ нивелировокъ зависятъ отъ ширины предполагаемаго сооруженія. Поперечная нивелировка дѣлается иногда менѣе точнымъ инструментомъ, чѣмъ продольная, и при томъ отдѣльнымъ съемщикомъ.

Въ случаѣ неширокой полосы поперечное нивелированіе можетъ производиться и въ связи съ продольнымъ однимъ и тѣмъ же нивелировщикомъ. Разсмотримъ этотъ случай. Пусть линіи ab (черт. 44), суть оси поперечныхъ нивелировокъ; изъ нихъ первая, перпендикулярная къ продольной оси, проходитъ черезъ нулевой пикетъ, вторая, также перпендикулярная къ оси, проходитъ черезъ перегибъ p и третья проведена чрезъ вершину r , приблизительно по направленію равнодѣлящей уголъ поворота. Поставивъ инструментъ на первой станціи M , дѣлаютъ взгляды: 1) на пикеты 0 и 1 продольной оси, 2) влѣво (по ходу продольной нивелировки) по поперечной оси на перегибъ a_1 , 3) точку a , и 4) вправо на точку b . Затѣмъ переносятъ инструментъ на вторую станцію M_1 и дѣлаютъ взгляды: I) на пикеты 1 и 2, II) влѣво на a , III) на перегибъ p и вправо, IV) на b_1 , V) b_2 , VI) на b . Далѣе, при стояннн инструмента въ M_2 , послѣ взглядовъ на пикеты 2 и 3, дѣлаютъ взгляды на a , r и b . И такимъ же образомъ продолжаютъ далѣе.



Черт. 44.

Разность уровней между точками поперечнаго и тѣми точками продольнаго нивелированія, при которыхъ оно взято, можетъ быть вычислена по формулѣ, выведенной для вычисленія разности уровней между связующими точками, т. е. $h = n - b$, ибо *взглядъ на поперечную точку можно разсматривать какъ взглядъ впередъ по отношенію къ точкѣ продольнаго нивелированія, на которую сдѣланъ взглядъ при одной и той же высотѣ инструмента и съ той же стан-*

ціи. Въ случаѣ неширокой полосы поперечное нивелированіе можетъ производиться и въ связи съ продольнымъ однимъ и тѣмъ же нивелировщикомъ. Разсмотримъ этотъ случай. Пусть линіи ab (черт. 44), суть оси поперечныхъ нивелировокъ; изъ нихъ первая, перпендикулярная къ продольной оси, проходитъ черезъ нулевой пикетъ, вторая, также перпендикулярная къ оси, проходитъ черезъ перегибъ p и третья проведена чрезъ вершину r , приблизительно по направленію равнодѣлящей уголъ поворота. Поставивъ инструментъ на первой станціи M , дѣлаютъ взгляды: 1) на пикеты 0 и 1 продольной оси, 2) влѣво (по ходу продольной нивелировки) по поперечной оси на перегибъ a_1 , 3) точку a , и 4) вправо на точку b . Затѣмъ переносятъ инструментъ на вторую станцію M_1 и дѣлаютъ взгляды: I) на пикеты 1 и 2, II) влѣво на a , III) на перегибъ p и вправо, IV) на b_1 , V) b_2 , VI) на b . Далѣе, при стояннн инструмента въ M_2 , послѣ взглядовъ на пикеты 2 и 3, дѣлаютъ взгляды на a , r и b . И такимъ же образомъ продолжаютъ далѣе.

ции. Такъ, напримѣръ, разности уровней точекъ связующей № 2 и точекъ третьяго сѣченія a, r, b найдутся, если взгляды на № 2 обозначимъ черезъ H_2 , а взгляды впередъ на a, r и b — чрезъ b_a, b_r, b_b , въ видѣ $h' = H_2 - b_a$; $h'' = H_2 - b_r$; $h''' = H_2 - b_b$.

§ 24. Контроль отсчетовъ по рейкамъ. Чтобы удостовѣриться въ безошибочности сдѣланныхъ отсчетовъ на рейкахъ при сложномъ нивелированіи, дѣлаютъ ихъ повѣрку для тѣхъ реекъ, которыя ставились на связующихъ точкахъ. Это необходимо потому, что ошибка въ отсчетъ на рейкѣ какой-либо связующей точки передается цѣликомъ на слѣдующія. Повѣрка отсчетовъ можетъ быть достигнута различными путями.

Одинъ изъ нихъ состоитъ въ томъ, что на каждой станціи, сдѣлавъ взгляды назадъ и впередъ, *измѣняютъ высоту инструмента* и вновь дѣлаютъ отсчеты на рейкахъ тѣхъ же пикетовъ. При вѣрности отсчетовъ разность двухъ взглядовъ впередъ должна быть равна разности двухъ взглядовъ назадъ, потому что онѣ выражаютъ разность двухъ горизонтовъ инструментовъ. Полагая, что отсчеты дѣлаются съ точностью до 0,001 саж., вторая разность взглядовъ не должна отличаться отъ первой болѣе чѣмъ на 0,002 саж. За окончательный результатъ принимаютъ среднее арифметическое изъ обѣихъ разностей.

При другомъ приемѣ повѣрки не мѣняютъ высоты инструмента, но *пользуются обоими колышками каждой связующей точки* и поступаютъ такъ: при нахожденіи инструмента между пикетами $n-1$ и n (черт. 45) ставятъ рейку въ точкѣ n сначала на колѣ, вбитый вровень съ землею, затѣмъ на колѣ съ номеромъ n и дѣлаютъ отсчеты, которые обозначимъ соотвѣтственно чрезъ b и b' . Послѣ этого инструментъ переносятъ на средину между пикетами n и $n+1$, поворачиваютъ рейку на колѣ пикета (забитомъ вровень съ землею) лицомъ къ инструменту, дѣлаютъ на ней отсчетъ, переставляютъ ее на колѣ съ номеромъ n и опять дѣлаютъ отсчетъ. Если эти послѣдніе отсчеты обозначимъ соотвѣтственно чрезъ a и a' , то $b - b'$ должно быть равно $a - a'$ т. е.

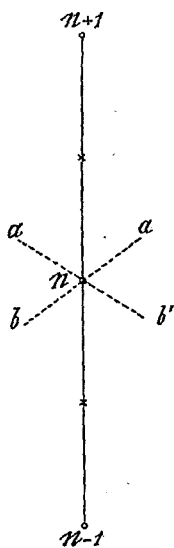
$$b - b' = a - a' \quad 1)$$

или:

$$b + a' = a + b',$$

т. е. суммы накрестъ лежащихъ взглядовъ на каждой связу-

1) Эти разности даютъ высоту надъ землею кола съ номеромъ.



Черт. 45.

ющей точки должны быть одинаковы. Разница не должна превышать 0,002 саж.)

Если при работѣ употребляется нивеллирь или съ перекладною трубою и уровнемъ, прикрѣпленнымъ къ ея подставкамъ (напр., нивеллирь Эго), или съ перекладнымъ на трубѣ уровнемъ (напр., нивеллиры Керна), то особенно выгоденъ приемъ повѣрки посредствомъ переложения этихъ частей, потому что при этомъ уничтожается вмѣстѣ съ тѣмъ вліяніе неравенства подставокъ трубы у нивеллира Эго и неравенство подставокъ уровня у нивеллира Керна. Порядокъ дѣйствій при этой повѣркѣ таковъ: дѣлаютъ взгляды назадъ и впередъ, перекадываютъ осторожно или трубу въ лагерахъ, или уровень на трубѣ и вновь дѣлаютъ отсчеты на тѣхъ же рейкахъ. Если инструментъ вѣренъ, то разность обѣихъ паръ этихъ отсчетовъ должна быть совершенно одинакова. Въ случаѣ же небольшой между ними разницы среднее арифметическое изъ нихъ дастъ вѣрный результатъ даже и тогда, когда инструментъ стоитъ не точно посрединѣ между пикетами.

Съ цѣлю контроля отсчетовъ по рейкамъ выгодно употреблять *двустороннія* рейки, т. е. такія, у которыхъ дѣленія нанесены съ обѣихъ сторонъ: съ одной стороны нанесены дѣленія, напр., въ двухтысячныхъ доляхъ сажени, а съ другой—въ сантиметрахъ.

Если повѣрка дѣлается измѣненіемъ высоты инструмента, или переложеніемъ трубы въ лагерахъ, то взгляды на промежуточные и поперечныя точки дѣлаются *при второмъ положеніи*, такъ какъ въ случаѣ неудовлетворительности работы взгляды, которые сдѣлали бы при первомъ положеніи на поперечныя и промежуточные точки, пришлось бы отбросить и сдѣлать ихъ вновь.

§ 25. Журналъ нивеллированія. Всѣ отсчеты, сдѣланные при сложномъ нивеллированіи, записываются въ особый журналъ. Наиболѣе удобную его форму для нивеллированія продольнаго и произведеннаго въ связи съ нимъ нивеллированія поперечнаго приводимъ ниже сего, на слѣдующихъ страницахъ. (См. образецъ журнала). Въ первую лѣвую графу вписываются номера нивеллируемыхъ пикетовъ (заключены въ скобки) и промежуточные точки, обозначенныя номеромъ предыдущаго пикета + разстояніе точки отъ этого пикета, такъ напр. (0) + 50 показываетъ, что промежуточная точка лежитъ отъ нулевого пикета впередъ по оси въ разстояніи 50 саж., т. е. это первый пикетъ.

Во вторую графу противъ связующихъ точекъ заносятся отсчеты, сдѣланные на заднія рейки, а въ третью—на переднія ¹⁾. Тутъ же вписываются и повѣрочныя взгляды, дѣлаемые, какъ сказано, голько на связующія точки. До-

¹⁾ Записи сдѣланы примѣнительно къ чертежу 32.

пустимъ сначала, что повѣрка дѣлалась измѣненіемъ высоты инструмента, или переложеніемъ трубы. Такъ какъ по записямъ журнала контрольный взглядъ на нулевой пикетъ менѣе прежняго взгляда на 0,012, а вторичный взглядъ на третій пикетъ менѣе прежняго на 0,010, то разность уровней между (0) и (3) пикетами по прежнимъ взглядамъ 0,886 выйдетъ менѣе той же разности уровней по вторичнымъ взглядамъ—0,888 на 0,002. Такая разница допустима, такъ какъ не выходитъ за предѣлы точности отсчитыванія по рейкамъ, а потому нивелированіе между пикетами (0) и (3) считается вѣрно произведеннымъ.

Въ четвертой графѣ записываются взгляды, взятые на промежуточные точки, каковыми для I станціи (см. запись въ журналѣ) являются (1) и (2) пикеты.

Въ пятой графѣ записывается среднее изъ двухъ взглядовъ на заднія рейки: $318 = \frac{1}{2} (324 + 312)$, а въ шестой—среднее изъ взглядовъ на переднія рейки $1.205 = \frac{1}{2} (1.210 + 1.200)$. Далѣе идетъ вычисленіе отмѣтокъ пронивелированныхъ точекъ (см. § 26).

Въ седьмой графѣ записываются превышенія съ ихъ знаками: $318 - 1.205 = -887$; $1119 - 945,5 = +173,5$ и т. д.

Восьмая графа заполняется послѣ того, какъ дана въ IX-й условная отмѣтка пикета (0), равная 20,000. Къ условной отмѣткѣ начальной (задней) точки придается средній взглядъ назадъ 0,318 и получается средній горизонтъ инструмента для I станціи, равный 20,318; онъ заносится въ VIII графу.

Изъ 20,318 вычитается взглядъ (средній) впередъ на (3) пикетъ, равный 1.205 и получается $20,318 - 1,205 = 19,113$, отмѣтка (условная) для (3) пикета. Число 19,113 заносится въ XI-ю графу. Для полученія условныхъ отмѣтокъ для промежуточныхъ точекъ (1) и (2), на которыя взяты взгляды при второмъ (контрольномъ) положеніи инструмента, необходимо прежде всего получить горизонтъ этого второго положенія; онъ будетъ $20,000 + 0,312 = 20,312$ (что и занесено въ графу примѣчаній). Изъ него вычтено послѣдовательно 0,637 и 0,909 и получены отмѣтки 19,675 и 19,403 для (1) и (2). (См. графу примѣчаній и графу условныхъ отмѣтокъ).

Взгляды на точки поперечнаго нивелированія также заносятся въ четвертую графу—промежуточныхъ точекъ. Такъ для станціи III въ первой графѣ послѣ записи связующей точки Г [пикетъ (6)] занесено: $л - (5) + 10$ и $н - (5) + 12$. Это слѣдуетъ понимать такъ: на пятомъ пикетѣ, влѣво отъ него въ 10 саженьяхъ и вправо—въ 12 саженьяхъ, взяты были точки въ поперечномъ профилѣ, при чемъ взгляды эти сдѣланы при второмъ горизонтѣ инструмента

1 июня 1900 г.
Число, мѣсяцъ и годъ.

Журналъ нивелированія.

Фамилія производившаго работу.
Страница I-я.

Станціи.	Номера кольевъ.	О Т С Ч Е Т Ы Н А Р Е Й К Ъ .					Превыше- нія.		Горизонтъ инстру- мента.	У С Л О В Н Ы Я О Т М Ъ Т К И .	Отмѣтка относ. горизонта моря	Примѣчаніе.
		Ч и т а н н ы е .			С р е д н і е .		+	—				
		задній.	передній	промеж.	задній.	передній						
I	(0)A	324[1] 312[3]	—	—	318[7]	—			20.318[10]	20.00[19]		20.000 + 0.312
	(0)+50=(1)	—	—	637[5]	—	—			—	19.675[13]		— 20.312[12] — 20.312
	(2)	—	—	909[6]	—	—			—	19.403[14]		— 637 — 909
	(3)Б	—	1.210[2] 1.200[4]	—	—	1.205[8]	887 [15]		—	19.113[11]		19.675 19.403
II	(3)Б	1.130[1] 1.108[3]	—	—	1.119[11]	—			20.232[13]	—		
	(3) + 10(а)	—	—	1.273[5]	—	—			—	18.948[15]		
	(3) + 17(б)	—	—	1.511[6]	—	—			—	18.710[16]	—	У воды.
	(3) + 26(в)	—	—	2.036[7]	—	—			—	18.185[17]	—	Ручей (дно).
	(3) + 35(г)	—	—	1.508[8]	—	—			—	18.713[18]	—	У воды.
	(4)	—	956[2]	957[9]	—	—			—	19.264[19]		
	(4) + 21(д)	—	935[4]	569[10]	—	—	[21]		—	19.652[20]		
	(5)Б	—	—	—	—	945 _а [12]	173 _б		—	19.286 _а [14]		Повѣрка
III	(5)Б	1.349[1] 1.311[3]	—	—	1.330[7]	—			20.616 _а [9]	—		20.088 _а 2.767 20.000 2.678 _б
	(6)Г	—	546[2] 510[4]	—	—	528[8]	802		—	20.088 _а [10]		+ 0.088 _а [15] 0.088 _а [16]
	а — (5) + 10	—	—	1.518[5]	—	—	[13]	—	—	19.079[11]		— 0.975 _б
	н — (5) + 12	—	—	1.106[6]	—	—	—	—	—	19.491[12]		— 0.887 _б
												+ 0.885 _а [17]
№ № графъ	(I)	(II)	(III)	(IV)	2.767[13]	2.678 _а [14]	975 _а 887 _б	(VII)	(VIII)	(IX)	(X)	(XI)

и внесены въ графу читанныхъ промежуточныхъ точекъ: 1,518 и 1,106.

На первой страницѣ журнала на лѣвой сторонѣ подсчитаны (внизу) сумма среднихъ заднихъ взглядовъ 2,767 (въ пятой графѣ) и сумма среднихъ переднихъ взглядовъ 2,678₅ (въ шестой графѣ) и сумма превышеній $+975_5 - 887 = +0,088_5$ (въ седьмой графѣ).

Въ графахъ примѣчаній указана повѣрка сдѣланныхъ вычисленій: налѣво взята разность отмѣтокъ, — послѣдней на страницѣ связующей точки (6) Г и первой начальной точки (0) $A - 20.088_5 - 20.000 = +0.088_5$, а направо разность суммъ 2,767 (взглядовъ назадъ) и 2.678₅ (взглядовъ впередъ) $2.767 - 2.678_5 = +0,088_5$. Подъ ними взята сумма положительныхъ 975₅ и отрицательныхъ превышеній 887, т.-е. $975_5 - 887 = 0.088_5$. Эти разности подтверждаютъ правильность сдѣланныхъ вычисленій.

Такой подсчетъ дѣлается на каждой страницѣ *ежедневно вечеромъ*, по возвращеніи изъ поля, обоими нивелировщиками, идущими по оси нивелированія одинъ за другимъ.

Для того, чтобы удобнѣе прослѣдить запись, въ журналѣ поставлены тѣ же буквы, что и на чертежѣ 32, для обозначенія связующихъ и промежуточныхъ точекъ, а также на поляхъ журнала помѣчены номера станцій. Въ полѣ буквы эти А, Б, В З, а, б д не пишутъ въ журналѣ, а довольствуются условными ихъ обозначеніями, напр., для точки б ограничиваются записью (З) + 17.

Порядокъ занесенія записей въ графы журнала на каждой станціи обозначенъ цифрами, стоящими справа, въ четырехугольныхъ скобкахъ.

Закладныя марки. На основныхъ пунктахъ, между которыми производится нивелированіе перваго разряда, *укрѣпляются по большей части особыя закладныя марки*, иначе называемыя *реперами*¹⁾. Онѣ имѣютъ весьма разнообразную форму. Приведемъ нѣкоторыя изъ нихъ.

Закладная марка нашего главнаго штаба, изображенная на черт. 46, вылита изъ чугуна; на лицевой сторонѣ круглой ея доски (діаметромъ около 13,5 сантим.) выпуклыми буквами сокращенно написано кругомъ „*Нивелировка Главнаго Штаба*“; наверху помѣщенъ годъ постановки, а внизу номеръ марки; затѣмъ въ серединѣ доски имѣется точка, изображающая *центръ марки*, высота котораго опредѣлена нивелированіемъ надъ принятымъ уровнемъ воды (въ большинствѣ случаевъ надъ уровнемъ Балтійскаго моря). На обратной сторонѣ марки имѣется стержень съ зазубринами или уступами, постепенно

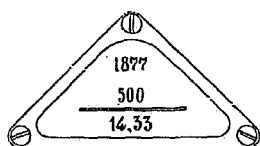


Черт. 46.

¹⁾ Французское слово *repère* значитъ — замѣтка.

расширяющимися къ концу (длина стержня = приблизительно 8,5 сантим. (3,5"), а вѣсъ всей марки около 2 фунтовъ). Для укрѣпленія такой марки на данномъ сооруженіи пробивается въ каменной кладкѣ глубокое квадратное углубленіе, въ которое дня за два до производства нивелированія вставляется стержень и заливается жидкимъ цементомъ, дабы цементъ могъ затвердѣть и дать маркѣ неизмѣнное положеніе. Нивелировки Гл. Шт. располагаются по преимуществу по *лініямъ желѣзныхъ дорогъ*, и марки закладываются на разст. 20—30 верстѣ. (Преимущественно на стѣнахъ паровозныхъ зданій).

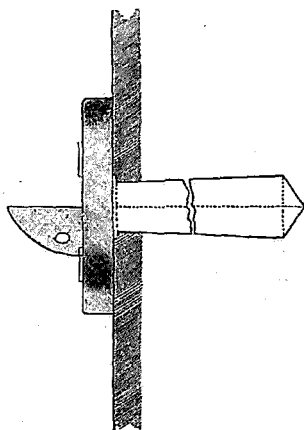
Если нивелированіе ведется хотя и обыкновеннымъ нивелиромъ, но по нѣсколькимъ направленіямъ, напр., по



Черт. 47.



Черт. 47а

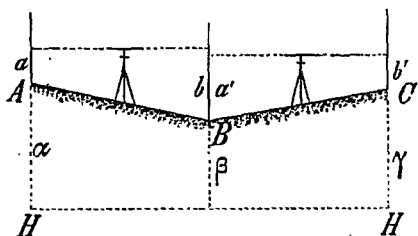


Черт. 47б.

улицамъ города, то нѣкоторые хода (напр., сомкнутое кольцо вокругъ города и два приблизительно перпендикулярные хода по діаметрамъ этого кольца) считаются за основные и отъ нихъ ведутся второстепенныя нивелировки. Въ точкахъ основныхъ ходовъ ставятся также реперы. Такъ, при нивелировкѣ г. Москвы въ 1876—1877 годахъ употреблялись репера, одинъ изъ которыхъ изображенъ на черт. 47. Онъ имѣетъ форму равнобедреннаго треугольника съ основаніемъ равнымъ 24,5 (9,5") и высотой около 12,7 сантиметровъ (5"). На лицевой сторонѣ репера сдѣланы слѣдующія выпуклыя надписи: 1877 (годъ постановки репера), 500 (номеръ по порядку) и 14,33; это послѣднее число есть отмѣтка въ саженьяхъ сквозной горизонтальной черты, сдѣланной надъ нимъ. Высоты взяты относительно уровня воды Москвы-рѣки подъ Даниловымъ монастыремъ, а чтобы получить высоту черты надъ уровнемъ Балтійскаго моря (у Кронштадтскаго футштока) надо придать 54,20 саж., что выра-

жасть высоту среднего уровня Москвы-рѣки подъ Даниловымъ монастыремъ надъ уровнемъ Балтійскаго моря. Прикрѣпленіе репера къ стѣнѣ производилось ершовыми гвоздями, которые, проходя чрезъ круглыя отверстія вблизи вершинъ треугольника репера, вбивались въ деревянные пробки, загнанныя предварительно въ глубокія отверстія въ каменной кладкѣ. За послѣднее время при канализаціи Москвы употреблялись реперы, напоминающіе берлинскіе. Черт. 47а и 47б изображаютъ стѣнный чугунный реперъ Г. К. (Городск. Канализац.) за № 2374; стѣнные репера забивались черезъ 50 саж.; точкою нивелировки у нихъ служить ребро двуграннаго угла въ 120° въ центрѣ марки.

§ 26. Вычисленіе отмѣтокъ технической нивелировки. По окончаніи нивелированія по журнальной записи (§ 25) слѣдующихъ взглядовъ получаютъ данныя для составленія на бумагѣ вертикальнаго разрѣза, иначе профиля земной поверхности. Для этого связующія точки, пикеты и другія пронивелированныя точки должны быть отнесены къ одной горизонтальной плоскости, представляющей или продолженный уровень какого-нибудь водохранилища, или произвольно выбранную горизонтальную плоскость, лежащую ниже всѣхъ пронивелированныхъ точекъ. Высоты точекъ земной поверхности надъ этою плоскостью называются ихъ отмѣтками. Для опредѣленія положенія точекъ оси нивелированія относительно принятой плоскости достаточно знать взаимныя горизонтальныя между ними разстоянія и ихъ отмѣтки. Первая изъ этихъ величинъ, т.-е. горизонтальныя разстоянія опредѣлены промѣрами лентой на мѣстности ¹⁾, а



Черт. 48.

вторая—отмѣтки точекъ—могутъ быть вычислены по имѣющимся въ журналѣ взглядамъ и по данной высотѣ или отмѣткѣ начальной точки. Дѣйствительно, если a и b (черт. 48) суть взгляды на заднюю и переднюю рейку (или взгляды на точку продольнаго и попе-

речнаго нивелированій), и если α есть извѣстная высота (отмѣтка) начальной точки A надъ принятою плоскостью NN' , то горизонтъ инструмента будетъ $= \alpha + a = b + \beta$, откуда находимъ отмѣтку $\beta = \alpha + a - b$.

Подобнымъ же образомъ, если a' и b' суть взгляды назадъ и впередъ при стояніи инструмента между какими-либо двумя точками B и C , а γ — отмѣтка точки C , то: $\beta + a$ будетъ опять горизонтъ инструмента, и отмѣтка $\gamma = \beta + a' - b'$

¹⁾ Если промѣры велись по наклонной линіи, то можно ввести въ промѣры поправки за наклонъ.

Вообще можно сказать:

Отмѣтка послѣдующей точки нивелированія равна отмѣткѣ предыдущей точки, плюсъ взглядъ назадъ (горизонту инструмента) и минусъ взглядъ впередъ.

А такъ какъ взглядъ назадъ безъ взгляда впередъ есть превышеніе или разность уровней, то предыдущая формула можетъ быть выговорена слѣдующимъ образомъ:

Отмѣтка послѣдующей точки равна отмѣткѣ точки предыдущей + превышеніе, или + разность ихъ уровней.

Это послѣднее правило, выведенное для нивелированія изъ середины, справедливо и для нивелированія впередъ, но только здѣсь взглядъ назадъ замѣняется высотой *i* инструмента.

Формула для вычисленія отмѣтокъ точекъ продольнаго нивелированія вполне примѣнима и для вычисленія отмѣтокъ точекъ поперечнаго нивелированія, нужно только за отмѣтку точки предыдущей брать въ этомъ случаѣ отмѣтку той точки продольнаго хода, на которую взять взглядъ одновременно (съ той же самой станціи) съ взглядомъ на поперечную точку, *а точку поперечной нивелировки слѣдуетъ считать за послѣдующую точку.*

Вслѣдствіе этого *отмѣтка точки поперечнаго хода равна отмѣткѣ точки продольнаго нивелированія плюсъ взглядъ на точку продольнаго нивелированія (второму горизонту инструмента) и минусъ взглядъ на точку поперечной нивелировки или + разность уровней точекъ продольнаго и поперечнаго нивелированій.*

Основываясь на этихъ правилахъ и сдѣлано нами вычисленіе отмѣтокъ точекъ на числовомъ примѣрѣ, пользуясь взглядами, которые мы имѣли записанными въ приведенномъ выше нивелировочномъ журналѣ § 25.

Послѣ того какъ заполнены V и VI графы журнала средними изъ взглядовъ на заднія и переднія рейки: станція I.... $318 = \frac{1}{2} (324 + 312)$ и $1.205 = \frac{1}{2} (1.210 + 1.200)$ составляемъ превышеніе $318 - 1.205 = -0.887$ точки *b* надъ *A*, и заносимъ въ VII графу.

По данной отмѣткѣ *a* точки *A*: 20.000 и среднему взгляду *a* назадъ на точку *A*: 318 по формулѣ $\alpha + a =$ (горизонтъ инструмента), изъ котораго [по формулѣ $\beta = \alpha + a - b$] вычитаемъ 1.205 (взглядъ впередъ *b*) и получаемъ отмѣтку β точки *B* (графа VIII). Подобнымъ же образомъ поступаемъ далѣе на II и III... станціяхъ, пока не вычислимъ отмѣтки всѣхъ связующихъ точекъ (опуская пока, до увязки, вычисленіе отмѣтокъ всѣхъ промежуточныхъ точекъ).

§ 27. Увязка сомкнутого нивеллирнаго хода, и хода, пройденнаго два раза (впередъ и назадъ) съ нивеллиромъ. Если нивелировка кончается у той же точки, у которой она началась, и нивеллирный ходъ представляется замкнутымъ полиго-

номъ, то отмѣтка исходной точки не получится такой же, какою она была до вычисленія хода. Если разность этихъ отмѣтокъ не превыситъ наивысшаго предѣла ошибки, вычисляемаго по формулѣ $0,003 \sqrt{2n}$, гдѣ n число станцій, то ее уничтожаютъ пропорціонально длинѣ пройденнаго хода (или числу пройденныхъ станцій).

Ходъ, дважды пройденный, впередъ и назадъ, можно трактовать какъ два отдѣльныхъ хода (основной и контрольный). Проходя вторично по ходу — назадъ, слѣдуетъ разности уровней связующихъ точекъ, полученные вторично нивелировкой, *сличать* съ тѣми же разностями, полученными по первому ходу. Въ случаѣ расхожденія разностей болѣе чѣмъ на 0,003 саж. слѣдуетъ повторить такую станцію нивелировкой въ третій разъ.

Потому, если отмѣтки вычислены, начиная съ начальной точки до конечной и съ конечной (по обратному ходу) до начальной точки, то полученную разность, если она допустима, дѣлятъ пополамъ, и ею исправляютъ отмѣтку конечной точки, вычисленную по прямому ходу; всѣ же остальные отмѣтки исправляютъ такъ же, какъ это мы дѣлали въ предшествующемъ случаѣ.

Примѣчаніе. Обратный ходъ отличается отъ прямого только тѣмъ, что въ немъ на каждой станціи „взглядъ впередъ“ сдѣланъ на точку съ младшимъ номеромъ, а при прямомъ ходѣ на ту же точку дѣлался „взглядъ назадъ“. Само собою разумѣется, что разность уровней двухъ связующихъ точекъ отъ порядка взглядовъ не измѣнится по абсолютной величинѣ, а потому вычисленіе обратнаго хода отъ конечной точки къ начальной можно было бы замѣнить вычисленіемъ хода съ отмѣтки начальной точки, и для того, чтобы вычислять, начиная съ послѣдней страницы *журнальной записи* и вернуться къ отмѣткѣ конечной точки, пришлось бы отмѣтки вычислять во второй записи по формулѣ: отмѣтка послѣдующей точки равна отмѣткѣ предыдущей + взглядъ впередъ и минусъ, взглядъ назадъ.

Вычисленіе отлѣтокъ промежуточныхъ точекъ производится послѣ увязки отмѣтокъ связующихъ точекъ. Пусть, напр., хотимъ вычислить отмѣтки точекъ ($л$) и ($н$) на III станціи. Не будемъ забывать, что промежуточные (между связующими лежащія) точки нивелируются при второй постановкѣ (горизонтѣ) инструмента, т. е., когда на точкѣ B сдѣланъ взглядъ 1,311, а на ($л$) — 1,518 и на ($н$) = 1,106. Поэтому сперва находимъ 2-й горизонтъ; онъ будетъ $19,286_5$ (отмѣтка точки B) + 1,311 = $20,597_5$; изъ него вычитаемъ 1,518, т. е. $20,597_5 - 1,518 = 19,079_5$ (получаемъ отмѣтку точки $л$); точно также $20,597 - 1,106 = 19,491$ (отмѣтка точки $н$).

§ 28. *Вычерчиваніе профиля.* Послѣ увязки нивелирнаго хода, когда окончательно установлены отмѣтки всѣхъ точекъ, приступаютъ къ вычерчиванію профиля прониивелли-

избранномъ масштабѣ откладываютъ сперва горизонтальныя разстоянія (*абсциссы*) между пикетами, и затѣмъ между связующими точками, а также и между промежуточными точками, взятыми для рельефа и для закруглений (начало, середина, конецъ кривой). Эта линія соотвѣтствуетъ прямой чертежа 32, подписанной „горизонтъ моря“. Затѣмъ изъ всѣхъ точекъ отложенія возставляютъ къ прочерченной горизонтальной прямой перпендикуляры (*ординаты*) и на нихъ въ болѣе крупномъ масштабѣ, напр., въ *десять разъ больше* противъ масштаба, принятаго для горизонтальныхъ разстояній, откладываютъ вычисленные отмѣтки. Соединяя послѣ того концы этихъ перпендикуляровъ (представляющіе точки мѣстности) прямыми линіями въ той же послѣдовательности, какъ они расположены въ натурѣ, получаютъ на бумагѣ изображеніе профиля. Увеличеніемъ масштаба для отмѣтокъ достигается большая наглядность рельефа мѣстности вдоль этого разрѣза. Въ точкахъ отложенія подъ горизонтальной прямой подписываются №№ пикетовъ.

Внизу профиля, въ одной изъ оставленныхъ сотокъ, чертится планъ развернутаго въ прямую линію нивелирнаго хода въ видѣ прямыхъ, связанныхъ кривыми закруглений, разбитыхъ въ углахъ поворота хода (черт. 49), причемъ уголъ вправо по ходу обозначается дугою кверху, внизу которой подписываются: градусная величина угла, радиусъ закругленія, длины касательныхъ и длина дуги кривой; лѣвый уголъ по ходу обозначается дугою книзу съ подписями наверху ея.

Для быстроты работы разрѣзъ земной поверхности чертится иногда на, такъ называемой, профильной бумагѣ. Это свертокъ, длиною въ 9 метровъ, а шириною 0,50 метр. По всему протяженію онъ разбитъ на квадраты со сторонами въ 0,01 долю сажени, вытянутыми желтою, или синею краскою. Каждая сторона раздѣлена еще на 20 частей, такъ что получаются квадратики со сторонами въ 0,0005 долей сажени. Черченіе профиля на этой бумагѣ не требуетъ проведенія перпендикуляровъ и производится очень быстро при помощи острія тонко очиненнаго карандаша, или одной только наколки, безъ посредства циркуля и масштаба. Эта бумага удобна вмѣстѣ съ тѣмъ и для надписыванія на профилѣ цифръ.

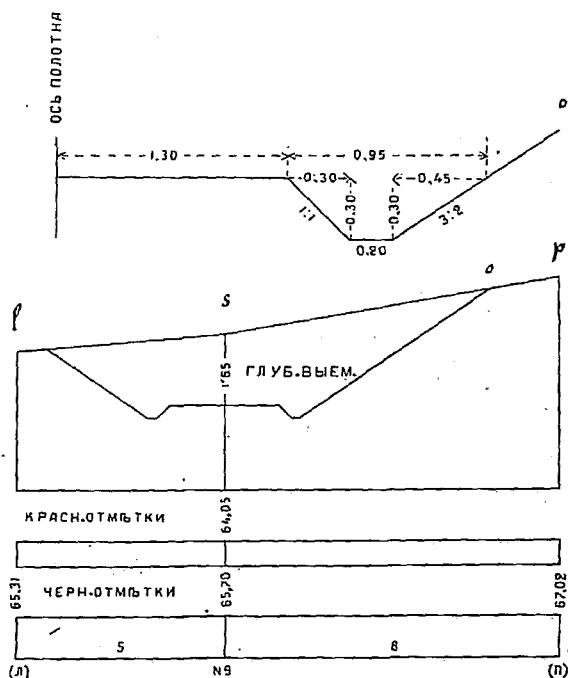
На чертежѣ 49 показано расположеніе надписей, дѣлаемыхъ на продольномъ профилѣ.

Внизу профиля оставляется мѣсто, шириною въ 1 сотку, для плана мѣстности, узкой полосы земли, по которой идетъ пронивелированная ось будущей дороги. Планъ наносится согласно записи, сдѣланной въ пикетажной книжкѣ (см. чертежъ пикетажной книжки), въ масштабѣ 100 саж. въ соткѣ; тотъ же масштабъ удерживается и для горизонтальныхъ разстояній профиля (*абсциссъ*), планъ иллюминруется красками, согласно условныхъ знаковъ.

Масштабъ для вертикальныхъ разстояній принять въ 10 разъ больше, чѣмъ для горизонтальныхъ, т. е. 10 саж. въ соткѣ.

Отмѣтки черныя и красныя (проектной линіи), а также высоты насыпей и глубины выемокъ подписываются до *сотыхъ* долей сажени.

Для построения поперечныхъ профилей на той же профильной бумагѣ, на которой нанесенъ разрѣзъ земной по-



Черт. 49. bis.

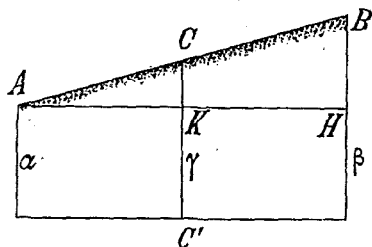
верхности по продольной оси, берутъ масштабъ 2 саж. въ соткѣ какъ для горизонтальныхъ, такъ и для вертикальныхъ разстояній (черт. 49 bis). На горизонтальной прямой намѣчаютъ точку № 9, *л* и *н* (лѣвую и правую) по разстояніямъ № 9—*л* = 5 саж.; № 9—*н* = 8 саж. Въ этихъ точкахъ строятъ кверху перпендикуляры, на которыхъ откладываютъ: на среднемъ — отмѣтку точки № 9 продольнаго нивеллированія = 65.70 (*s*), на лѣвомъ — 65.31 (*л*), на правомъ — 67.02 (*р*) отмѣтки точекъ поперечнаго нивеллированія, укороченныя, какъ и отмѣтка точки № 9, на одно и то же число сажень. Точки *л*, *s* и *р* соединяются прямыми. Если какой-либо поперечный профиль по близости со смежнымъ долженъ покрывать часть его, то такой профиль выносятъ или кверху, или книзу.

На поперечномъ профилѣ, соотвѣтственно продольному профилю, проектируется полотно дороги; напр., въ № 9 точки продольнаго профиля показана выемка, поэтому на поперечномъ профилѣ отъ точки *s* внизъ нанесена глубина выемки = 1.65 и на той же вертикали, изображающей ось полотна дороги, подписана ниже красная отмѣтка = 64.05.

Выше надъ поперечнымъ профилемъ показаны размѣры полотна = 2,6 саж. (на чертежѣ показана правая половина выемки съ шириною полуполотна = 1,3 саж.) и водоотводной канавы (кювета): глубина = 0,3 саж., ширина ея дна = 0,2 саж., внутренний ординарный (1:1) откосъ и наружный полуторный откосъ (3:2).

§ 29. Паденіе и уклонъ линій. Иногда требуется знать отмѣтки тѣхъ точекъ земной поверхности, на которыя рейка не ставилась. При этомъ данная точка можетъ лежать или на одной изъ осей нивелировки, или между ними, но внутри полосы, заключающейся между осями.

Точка *C* (черт. 50) лежитъ на оси *AB* въ извѣстномъ разстояніи отъ конца *A*, для нея надо вычислить отмѣтку *C'*; она будетъ равна отмѣткѣ точки *A* плюсъ превышеніе точки *C* надъ точкою *A*, т. е. $\gamma = \alpha + CK$. Пусть *АН* есть горизонтальная линія;



Черт. 50.

тогда, обозначая разстояніе *АН* между *A* и *B* чрезъ *D* и полагая, что данное разстояніе *AK* между *A* и *C* равно *d*, составимъ пропорцію, — $BH:CK = AH:AK$. Здѣсь *BH* разность отмѣтокъ точекъ *A* и *B*. Обозначая ихъ соотвѣтственно чрезъ α и β , будемъ называть $(\beta - \alpha)$ разность отмѣтокъ конечныхъ точекъ *B* и *A*

прямой *AB* паденіемъ линіи *AB*, а дробь $p = \frac{\beta - \alpha}{D}$, представляющую измѣненіе паденія на единицу разстоянія — уклономъ линіи *AB*. Тогда превышеніе

$$CK = \frac{\beta - \alpha}{D} d,$$

а искомая отмѣтка

$$\gamma = \alpha + p \cdot d.$$

Формула эта, выведенная для мѣстности повышающейся, обращается при мѣстности понижающейся, при тѣхъ же обозначеніяхъ, въ слѣдующую:

$$\gamma = \alpha - p d,$$

такъ какъ паденіе и уклонъ линіи будутъ противоположны

предыдущимъ. За общую изъ двухъ послѣднихъ формулъ принимаютъ первую

$$\gamma = \alpha + pd,$$

причемъ въ ней уклонъ принимается съ соотвѣствующимъ знакомъ, т. е. положительнымъ для линіи повышающей и отрицательнымъ для линіи понижающей. Эта формула выговаривается такъ: *отмѣтка точки, лежащей на оси нивелированія, равна отмѣткѣ данной точки, сложенной съ произведеніемъ уклона линіи на горизонтальное разстояніе между обѣими точками.*

Если, напр., $p = -0,008$ и $d = 225$, (см. черт. 50), то $pd = -1,80$ саж. и если $\alpha = 65,25$ (красн. отм. пик. № 186), то $\gamma = 65,25 - 1,8 = 63,45$ (красн. отм. точки № 190 + 25).

Уклонъ линіи имѣетъ и геометрическое значеніе, ибо представляетъ собою тангенсъ угла наклоненія линіи. Въ самомъ дѣлѣ, если уголъ наклоненія $ВАН$ (черт. 50) обозначимъ чрезъ x , то

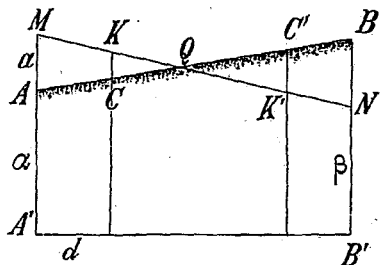
$$ВН = АН \cdot \operatorname{tg} x;$$

отсюда

$$\operatorname{tg} x = \frac{\beta - \alpha}{D} = p.$$

§ 30. Проведеніе проектной линіи. При осуществленіи на земной поверхности искусственныхъ сооружений, какъ напр., при проведеніи дороги, прорытіи канавы, разбивкѣ площадки для желѣзнодорожной станціи, требуется предварительно выровнить или, какъ говорятъ, *спланировать мѣстность*, т. е. представить ее въ такомъ видѣ, чтобы вся она или отдѣльныя ея части были или горизонтальными плоскостями, или плоскостями съ нѣкоторымъ заранее намѣченнымъ (избраннымъ) уклономъ. Такое превращеніе поверхности сопровождается назначеніемъ на мѣстности и на профилѣ, такъ называемой, *проектной линіи*. Пусть AB (черт. 51) есть линія земной поверхности съ извѣстною

длиною ея горизонтальнаго проложенія $A'B'$ и съ данными отмѣтками α и β конечныхъ ея точекъ A и B , требуется выровнить мѣстность такъ, чтобы при сѣченіи ея вертикальною плоскостію вмѣсто прямой AB получилась бы прямая линія MN , называемая *проектною*. Чтобы назначить ее на мѣстности, необходимо вычислить, насколько въ нѣкоторыхъ точкахъ линіи AB надо или насыпать, или снять землю, т. е., другими словами, опредѣлить для точекъ земной поверхности *высоты насыпей и глубины выемокъ*; обозначивъ отмѣтку точки A земной поверхности



Черт. 51.

чрезъ α , уклонъ линіи AB чрезъ p , высоту точки M проектной линіи MN надъ A чрезъ a , заданный уклонъ проектной линіи MN чрезъ p' и горизонтальное разстояніе произвольной точки C отъ A чрезъ d , будемъ имѣть по § 29

$$\begin{aligned} \text{отмѣтка точки } C & \dots \dots \dots c = a + pd \\ \text{отмѣтка точки } K & \dots \dots \dots k = a + a + p'd. \end{aligned}$$

Слѣдовательно, *высота насыпи* $CK = y$ *представляетъ разность отмѣтокъ точекъ* K и C . Она получится непосредственно вычитаніемъ, если отмѣтка точки C дана на профилѣ, а отмѣтка точки K высчитана.

Отмѣтка точки проектной линіи называется красною отмѣткою, потому что она подписывается на профилѣ всегда карминомъ. Отмѣтка точки профиля линіи, пронивеллированной на земной поверхности, называется черною отмѣткою. Вслѣдствіе этого можно сказать, что *высота насыпи или глубина выемки равна разности красной и черной отмѣтокъ точекъ, имѣющихъ общую проекцію*, и на практикѣ всегда поступаютъ такъ, что высчитываютъ всѣ красныя отмѣтки, а затѣмъ простымъ вычитаніемъ находятъ высоты насыпей и глубины выемокъ.

§ 31. О горизонталяхъ. Горизонтالي являются однимъ изъ вспомогательныхъ средствъ для изображенія на планѣ неровностей мѣстности, такъ какъ изобразить на планѣ неровности мѣстности значитъ показать на немъ: 1) относительныя высоты однѣхъ точекъ надъ другими; 2) крутизны покатостей; 3) направленіе скатовъ и 4) выразить общій характеръ рельефа. Изображеніе неровностей мѣстности производится посредствомъ условныхъ знаковъ двумя способами: *способомъ горизонталей* и *способомъ штриховъ* (къ послѣднему способу относятъ и *отмыску*). Разсмотримъ сперва первый способъ. Пусть имѣемъ на мѣстности какую-нибудь возвышенность; мысленно *разсѣчемъ эту возвышенность равноотстоящими другъ отъ друга горизонтальными плоскостями*, параллельными уровню воды водохранилища. Кривыя линіи, полученныя при пересѣченіи боковой поверхности возвышенности съ горизонтальными плоскостями, спроектируемъ на горизонтальную поверхность водохранилища (плана), и будемъ называть эти проекціи полученныхъ кривыхъ *горизонталями* или *изогипсами*. Для того, чтобы показать, какъ при помощи горизонталей изображаются на планѣ неровности любой части даннаго участка мѣстности, разсмотримъ сперва изображеніе на планѣ посредствомъ горизонталей правильныхъ геометрическихъ тѣлъ, напр., прямого конуса съ круговымъ основаніемъ, наклоннаго конуса съ круговымъ основаніемъ, полушарія, наклонной плоскости, цилиндрической поверхности и т. п.

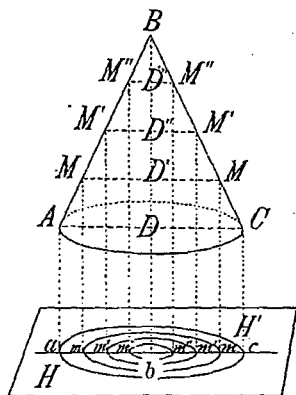
1. Если *прямой конусъ* ABC съ *круговымъ основаніемъ* (черт. 52) *разсѣчь горизонтальными равноотстоящими плоскостями* MM , $M'M'$, $M''M''$, то сѣченія этихъ плос-

костей съ поверхностью конуса будутъ *окружностями*. Если изобразимъ эти окружности въ проекціи на плоскости HH' параллельной основанію, то получимъ окружности ac , mm' , $m'm''$. Такъ какъ центры всѣхъ окружностей MM , $M'M'$, $M''M''$, и AC лежатъ на оси DB конуса, то на планѣ центры проекцій этихъ окружностей должны лежать въ одной точкѣ b ; (проекціи точекъ B и D) при этомъ, такъ какъ $DD' = D'D'' = D''D''' = D'''B$ и углы при точкахъ A , M , M' , M'' и C также равны между собою, то и $AM = MM' = M'M'' = M''B$, а слѣдовательно, $M'D''' = bm'' = m'm'' = m'm = ma$.

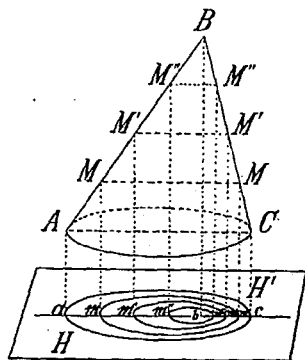
Отсюда мы видимъ, что прямой конусъ съ круговымъ основаніемъ долженъ изобразиться на планѣ посредствомъ горизонталей въ видѣ концентрическихъ равноотстоящихъ окружностей.

2. Если *наклонный конусъ съ круговымъ основаніемъ* (черт. 53) разсѣчь горизонтальными равноотстоящими плоскостями MM , $M'M'$, $M''M''$, то въ сѣченіи этихъ плоскостей съ поверхностью конуса получатся окружности, изображенія которыхъ на плоскости, параллельной основанію конуса, также будутъ окружности; но такъ какъ центры окружностей AC , MM , $M'M'$, $M''M''$ не лежатъ на оси конуса, то на планѣ окружности будутъ эксцентрическія, и разстоянія между ними будутъ различныя въ различныхъ мѣстахъ, при этомъ наименьшее разстояніе будетъ по направленію линіи bc , такъ какъ BC составляетъ съ горизонтомъ больший уголъ наклоненія, чѣмъ AB , и слѣдовательно, если уголъ $C >$ угла A , то и $AB > BC$, а $\cos C < \cos A$, вслѣдствіе чего $AB \cdot \cos A > BC \cdot \cos C$, но проекція $bc = BC \cdot \cos C$, а проекція $ab = AB \cdot \cos A$, слѣдовательно, $ab > bc$.

3. Если *полушаріе ABC* (черт. 54) разсѣчь горизонтальными равноотстоящими плоскостями MM , $M'M'$, $M''M''$, то въ сѣченіи съ поверхностію шара получатся окружности, и, такъ какъ центры всѣхъ окружностей лежатъ на радіусѣ BD , то *полушаріе изобразится на планѣ также въ видѣ окружностей концентрическихъ, но только неравноот-*

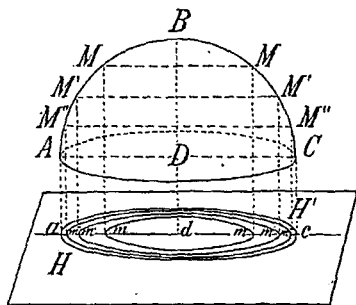


Черт. 52.



Черт. 53.

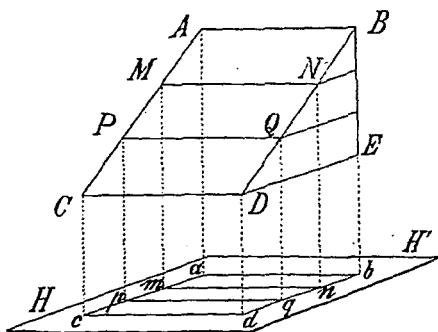
стоящихъ, а сходящихся къ краямъ плана, такъ какъ углы, образуемые равными элементами $BM, MM', M'M''$ и $M''C$ кривой въ точкахъ M, M', M'' и C съ горизонтомъ, постепенно возрастаютъ отъ 0° до 90° , а следовательно, $\cos$ -ы ихъ постепенно убываютъ, а потому $m_i m_{i+1} = M_i M_{i+1} \cos M$ также постепенно убываютъ.



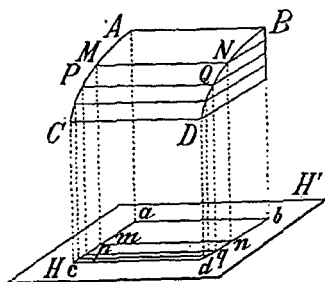
Черт. 54.

4. Наклонная плоскость и цилиндрическая поверхность изобразятся первая — равноотстоящими параллельными прямыми, а вторая — постепенно сходящимися параллельными

прямыми, что ясно видно изъ разсмотрѣнія чертежей 55, 56 и 57.

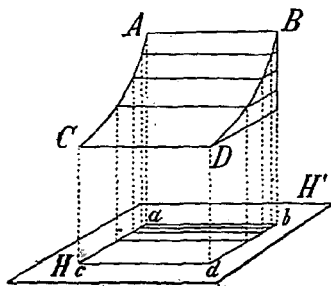


Черт. 55.



Черт. 56.

Неровности мѣстности не имѣютъ правильной формы, но объ отдѣльныхъ частяхъ возвышенностей и углубленій можно судить, сравнивая горизонтали ихъ съ горизонталями правильныхъ геометрическихъ тѣлъ.

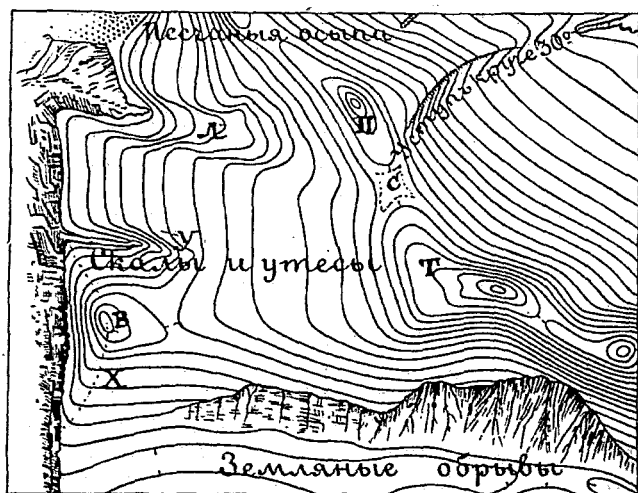


Черт. 57.

§ 32. Свойство горизонталей. Изъ чертежей 52—57 видно, что съ измѣненіемъ угла наклона α линій мѣстности мѣняется и разстояние d между горизонталями. Это же заключеніе нетрудно подтвердить и формулою, если разстояние между сѣкущими горизонтальными плоскостями обозначимъ на одномъ изъ предыдущихъ чертежей черезъ h , разстояние между горизонталями на планѣ черезъ d , и, наконецъ,

шемъ ознакомленій съ ея орографическими ¹⁾ видами. Главнѣйшіе изъ этихъ видовъ изображены горизонталями на черт. 58. Возвышенность, близко подходящая къ конической формѣ, представляющаяся на планѣ горизонталями, частью сомкнутыми на подобіе эллипсовъ, называется *горой*. Гора небольшихъ размѣровъ называется *холмомъ*. Въ горѣ различаютъ ея части: *вершину*, *скаты* и *подношву*.

Вершина (В)—есть высшее мѣсто горы причемъ, если она имѣетъ видъ почти горизонтальной плоскости, то называется горной *площадкой* или *плато*; если же она остро-конечна (П), то—*пиццемъ*, *сопкою* или *пикомъ*.



В... вершина, Х... хребетъ, П... лощина
II... пикъ, С... сѣдловина, У... ущелье,
Т... терраса.

Черт. 58.

Боковая поверхность горы образуетъ ея *скаты*. Скатомъ называется покатость, имѣющая одинъ и тотъ же уголъ наклона. Мѣсто пересѣченія скатовъ съ окружающею гору землею поверхностью называется *подношвою* горы или ея *подножіемъ*. Если на скатахъ встрѣчаются линіи, представляющія рѣзкій переходъ поверхности отъ одной крутизны къ другой, то онѣ называются *перегибомъ ската* или *уступомъ*. *Обрывъ* или *круча* образуются при переходѣ мѣстности изъ отлогой въ крутой скатъ; при этомъ, если обрывъ имѣетъ значительную высоту, то онъ называется *утесомъ* или *стѣною*; наоборотъ, если крутой скатъ въ какомъ-либо мѣстѣ прерывается площадкой, даже можетъ быть

¹⁾ „Орографія“ въ переводѣ съ греческаго значитъ „гороописаніе“, т. е. изображеніе возвышенностей или общіе—неровностей.

незначительно наклоненною къ горизонту, то имѣемъ *террасу* (Т) или *уступъ*.

Хребетъ (Х) есть выпуклая поверхность, образуемая двумя противоположными скатами. Линія встрѣчи этихъ скатовъ наз. *осью хребта* или *водораздѣломъ*, такъ какъ текущая отъ нея вода направляется въ разныя стороны. Хребетъ представляется на планѣ всегда выпуклыми кривыми линіями, вогнутость которыхъ обращена къ вершинѣ горы. Эти кривыя расходятся сильнѣе по мѣрѣ своего приближенія къ водораздѣльной линіи, потому что она имѣетъ наименьшій изъ всѣхъ угловъ наклоненія скатовъ. Хребетъ, отдѣляющійся отъ общей массы, называется *отрогомъ* горы. Хребты, которыхъ скаты пересѣкаются подъ острыми углами, называются *гребнями* горъ.

Лощина (Л) также образуется двумя противоположными скатами, но она есть поверхность вогнутая, являясь углубленіемъ въ скатѣ горы. Линія встрѣчи скатовъ или *щека лощины* называется *осью лощины*, а также *талвегомъ*¹⁾ или *водосливною линією*, потому что по ней направляется вода, стекающая со скатовъ. Лощина представляется вогнутыми кривыми линіями. Въ лощинѣ надо различать вообще слѣдующія части: *дно*, правый и лѣвый бокъ (*щеки*), *начало* и *устье*. Если лощина довольно широка и съ отлогимъ дномъ, то она называется *долиною*. Узкая и длинная лощина съ крутыми боками въ плоской мѣстности называется *оврагомъ* или *балкою*, а въ горныхъ странахъ *тѣсниной* или *ущельемъ* (У). Къ лощинамъ должно отнести также неправильныя продолговатыя углубленія, въ видѣ широкихъ трещинъ, происходящія отъ размыва грунта водою, называемыя *промоинами* и *проточинами*.

Окраиною наз. граница углубленія или, иначе, та кривая линія, по которой углубленіе граничитъ съ окружающею поверхностью.

Сѣдломъ или *сѣдловиною* (С) называется мѣсто одновременной встрѣчи двухъ (или нѣсколькихъ) противоположныхъ скатовъ возвышенностей, служащее въ то же время вершиною (началомъ) двухъ или нѣсколькихъ противоположныхъ лощинъ. Такъ какъ *сѣдловина* лежитъ ниже непосредственно надъ ней помѣщающейся сѣкущей плоскости и выше такой же плоскости, непосредственно подъ нею лежащей, то на планѣ она *изображается пунктирной сомкнутой горизонтальною, параллельной горизонталямъ выше и ниже ея лежащимъ*

Котловина есть углубленіе значительныхъ размѣровъ, замкнутое со всѣхъ сторонъ и напоминающее собою опрокинутую внизъ вершиною подъ поверхность земли гору. Небольшая впадина съ крутыми берегами есть *яма*, а углуб-

¹⁾ Отъ двухъ нѣмецкихъ словъ: Thal—долина и Weg—путь.

леніе, представляющее опрокинутый пикъ, — *воронка*. Котловина, яма и воронка изображаются на планѣ горизонталями въ видѣ сомкнутыхъ кривыхъ линій.

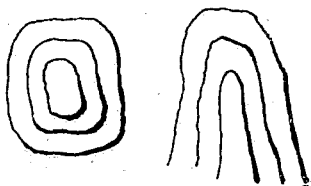
§ 34. Недостатки горизонталей. Изъ предыдущаго видно, что нѣкоторыя углубленія и возвышенія, а также выпуклыя и вогнутыя поверхности представляются горизонталями одинаковой формы, вслѣдствіе чего является возможность смѣшивать на планѣ оба эти орографическіе вида. Такъ котловину съ осью, впадающей въ нее лощины, можно принять за вершину горы съ идущимъ отъ нея хребтомъ. Для устраненія этого неудобства или слабо отмываютъ дно углубленій жидкою тушью, или предполагаютъ что мѣстность подвергается боковому освѣщенію, направленному съ сѣверо-запада¹⁾ и въ зависимости отъ этого горизонтали, соотвѣтствующія углубленіямъ (котловинѣ и лощинѣ), утолщаются слѣва и сверху (черт. 59).

Еще лучше для устраненія недоразумѣній относительно

Оттѣнка углубленій.



Оттѣнка возвышеній.



Черт. 59.

возвышеній и углубленій подписывать на планѣ при горизонталяхъ ихъ отмѣтки или высоты. *Когда же на планѣ нѣтъ высотъ, то пониманію рельефа содѣйствуетъ расположеніе и указаніе направленія текущихъ водъ. Воды преимущественно указываютъ низшія точки мѣстности. Надо имѣть въ виду, что горизонтали всего плана находятся между собою въ такой неразрывной связи, что, если мы въ одномъ мѣстѣ опредѣлимъ направленіе покатости (т. е. какія горизонтали выше и какія ниже), то, прослѣдивъ горизонтали, т. е. терпѣливо двигаясь вдоль горизонталей, мы можемъ то же самое опредѣленіе сдѣлать*

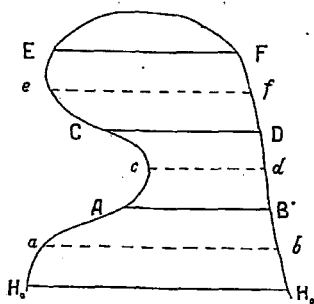
и въ произвольномъ мѣстѣ плана (или карты).

Изображеніе неровностей мѣстности горизонталями составляетъ безспорно самый точный изъ всѣхъ подобнаго рода способовъ и позволяетъ опредѣлять размѣръ всякой отдѣльной неровности по тремъ ея измѣреніямъ, однако, онъ не доставляетъ необходимой наглядности плану или, какъ иногда выражаются, не сообщаетъ рисунку пластич-

¹⁾ Такое освѣщеніе было въ первый разъ примѣнено при изданіи карты Швейцаріи генерала Дюфура, вычерченной штрихами.

ности (рельефности), а заставляет *вдумываться* для представления себѣ въ умѣ какихъ-нибудь орографическихъ особенностей мѣстности. Недостатокъ этотъ устраняется отчасти тѣмъ, что горизонталы на отлогихъ покатостяхъ дѣлаются тонкими чертами, а на крутыхъ—толстыми, и при томъ чѣмъ круче покатость, тѣмъ горизонталы толще.

Другой недостатокъ горизонталей состоитъ въ томъ, что этотъ способъ не даетъ возможности выразить на планѣ, какъ значительныя крутизны, такъ и мелкія неровности, которыя при данномъ *отвѣсномъ разстояніи горизонтальныхъ плоскостей* не пересекаются ими и остаются пропущенными, такъ какъ разстоянія между горизонталями зависятъ отъ масштаба плана, а потому *заложение не можетъ быть меньше точности масштаба*, т. е. 0,01 доли дюйма. Нагляднымъ примѣромъ можетъ служить мѣстность, представленная чертежомъ 60. Разбѣкая ее плоскостями H_0H_0 ; AB ; CD ; EF , мы рискуемъ пропустить характерные изгибы мѣстности, для изображенія которыхъ потребовалось бы сѣченія сдѣлать чаще, и разстоянія между сѣкущими плоскостями уменьшить вдвое. Дополнительные плоскости ab ; cd ; ef показаны на чертѣ пунктиромъ. Чтобы достигнуть надлежащей наглядности плана, необходимо гарантировать, что проекція изгибовъ Ac или Ce будетъ не менѣе точности масштаба плана.



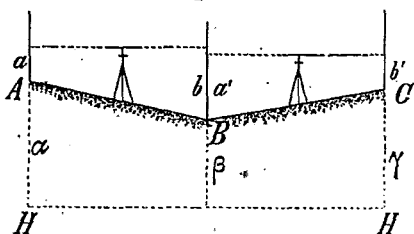
Черт. 60.

Въ томъ случаѣ, когда главнѣйшее условіе, требуемое отъ плана, есть его наглядность, какъ напр., для плановъ военныхъ, употребляютъ другой условный знакъ—*штриховку*, который позволяетъ лучше видѣть или, какъ говорить, *читать по плану рельефъ мѣстности*.

О штриховкѣ мы будемъ говорить впослѣдствіи.

§ 35. Разбивка на мѣстности точекъ и прямыхъ проекта. При планировкѣ мѣстности приходится рѣшать одну изъ слѣдующихъ задачъ:

1. Въ данномъ пунктѣ B земной поверхности забить колъ, верхушка котораго имѣла бы требуемую отмытку. На находящейся вблизи данной точки B реперъ A (черт. 61), т. е. колъ, отмытка α верхушки котораго известна, ставятъ рейку, и на нее, по нивеллиру, поставленному между реперомъ A и заданнымъ пунктомъ B ,



Черт. 61.

дѣлають „взглядъ α назадъ“. Послѣ этого въ B забивають колъ и на него переносятъ рейку, и въ то же время высчитываютъ для рейки, стоящей на колѣ B , по отмѣткѣ репера α и взгляду назадъ α — „взглядъ b впередъ“ изъ равенства

$$\alpha + a = \beta + b$$

онъ будетъ

$$b = \alpha + a - \beta$$

По рейкѣ въ точкѣ B читають взглядъ b' ; если b' будетъ отличаться отъ b , то высоту забитаго въ B кола измѣняютъ: пусть, напримѣръ, отсчетъ b' нужно увеличить, т. е. нуль рейки опустить, тогда, снявъ рейку, по головѣ кола B дѣлается нѣсколько осторожныхъ ударовъ обухомъ топора (молотка). Установивъ вновь на верхушку кола B рейку, повторяють взглядъ впередъ. Если теперь онъ b'' и болѣе требуемаго b , то легкими ударами по землѣ вокругъ кола стремятся приподнять колъ. Если этого окажется недостаточно, то колъ выдергивають изъ земли, дыру засыпають и вновь гонятъ колъ въ землю, пока, наконецъ, получится отсчетъ, отличающійся отъ b не болѣе какъ на 0,001 — 0,003 саж.

При твердомъ грунтѣ и значительной толщинѣ кола можетъ оказаться, что колъ дастъ *отказъ*, т. е. перестанетъ опускаться въ землю, тогда верхушка кола срѣзается. Мѣсто зарубки на колѣ, куда должна придтись пила, опредѣляется по ножу, клинокъ котораго предварительно держится горизонтально съ установленной на него рейкой.

2. По данному направленію на земной поверхности разбить рядомъ кольевъ проектную линію заданнаго уклона $p = 1 : m$, причемъ для одной изъ точекъ O проектной линіи задается отмѣтка q .

Очевидно, что для забивки кола O придется повторить предыдущую задачу. Остальные же кольца, хотя и забиваются по той же задачѣ, но лишь послѣ того, какъ для верхушки каждаго изъ нихъ высчитана отмѣтка y по формулѣ (§ 29).

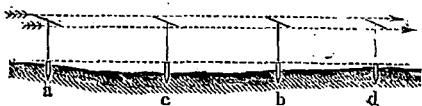
$$y = q + px \dots \dots \dots (y),$$

гдѣ x есть разстояніе забиваемаго кола отъ первоначальнаго O . При вычисленіи не слѣдуетъ забывать знака

$$\text{уклона } \frac{1}{m} = p.$$

Когда между двумя забитыми по нивеллиру кольями a и b нужно вставить еще нѣсколько промежуточныхъ точекъ, или по нимъ проложить линію, то для *быстроты* рѣшенія задачи съ успѣхомъ могутъ служить, такъ называемыя, *визирки*. Онѣ состоятъ изъ деревянныхъ реекъ одной и той же высоты 0,6—0,7 саж. (до середины груди человѣка) съ прибитыми къ нимъ поперечными дощечками и имѣють видъ буквы T (черт. 62). Если на верхушки кольевъ a и b помѣстить двѣ равныхъ визирки и, визируя черезъ верхнія ребра ихъ поперечинъ, забивать колъ въ c

(или d) такъ, чтобы верхнее ребро поставленной на него визирки пришлось въ плоскости визирова́нія, то верхушки всѣхъ трехъ кольевъ будутъ на линіи, параллельной линіи визирова́нія, имѣющей требуемый уклонъ $p \equiv 1:m$.



Черт. 62.

3) *Опредѣлить точку пересѣченія земной поверхности съ проектной линіей.* Пользуясь рѣшеніями двухъ предыдущихъ задачъ, забиваютъ въ двухъ точкахъ M и N проектной линіи по колу, отмѣтки которыхъ близки къ отмѣткамъ точки пересѣченія, взятой съ профиля, устанавливаютъ на нихъ визирки и при помощи ихъ продолжаютъ проектную линію до встрѣчи съ земной поверхностью. Найдя точку встрѣчи, отмѣтку ея можно повѣрить по нивеллиру.

Точка встрѣчи также можетъ быть найдена и безъ визирокъ, по горизонтальному разстоянію x отъ одного изъ забитыхъ кольевъ N , находящихся вблизи точки Q (черт. 51) встрѣчи линіи AB съ проектною линіею MN . Дѣйствительно, пусть α и β черныя отмѣтки точекъ A и B , удаленныхъ на разстояніе D другъ отъ друга, а m и n ихъ красныя отмѣтки (т. е. отмѣтки соотвѣтственныхъ точекъ M и N проектной линіи). Искомое разстояніе x точки Q отъ B найдется изъ подобія треугольниковъ AMQ и QBN , въ которыхъ x и $(D-x)$ будутъ высотами, а именно:

$$\frac{D-x}{x} = \frac{m-\alpha}{\beta-n},$$

откуда искомое разстояніе по производной пропорціи¹⁾ будетъ

$$x = D \frac{\beta - n}{m - \alpha + \beta - n}.$$

Знакъ у x берется $+$, если разстояніе взято по ходу впередъ, отъ точки B и $-$, если оно взято назадъ по ходу отъ B .

Примѣръ:

$D = 35$, $\alpha = 60,011$, $\beta = 60,567$, $m = 59,853$, $n = 60,648$.
Находимъ

$$\begin{array}{r} m - \alpha = -0,158 \\ \beta - n = -0,081 \\ m - \alpha + \beta - n = -0,239 \\ -x = -35 \frac{-0,081}{-0,239} = -11,9 \end{array}$$

4) *Изъ данной точки A (черт. 63) на мѣстности провести по земной поверхности линію даннаго уклона p .* Взявъ

¹⁾ Сумма членовъ перваго отношенія относится къ своему послѣдующему члену такъ, какъ сумма членовъ втораго отношенія относится къ своему послѣдующему члену.

въ 287,5 саж. отъ D , или, такъ какъ $AD = AB + BD = 325 + 62,5 = 387,5$, то E отъ A , т.-е. $EA = 387,5 - 287,5 = 100$. Повѣркою служитъ

$$18,2 + 100 \cdot 0,008 = 18,2 + 0,8 = 19, \text{ т.-е. } \alpha + AE \cdot p = q.^1)$$

§ 36. Нивелированіе поверхности. Чтобы получить возможно правильное понятіе о видѣ поверхности даннаго участка на мѣстности, слѣдуетъ заснять его рельефъ, оставаясь по возможности болѣе близкимъ къ натурѣ. Съ этою цѣлью поступаютъ двояко, смотря по тому, каковъ общій склонъ поверхности участка. Если *наклонъ незначителенъ* и болѣе или менѣе равномерный, какъ это бываетъ въ лугахъ и болотахъ, то всю данную поверхность заключаютъ въ многогранникъ, стороны котораго прилегали бы возможно ближе къ частямъ поверхности даннаго участка. Сторонами многогранника могутъ быть, сообразно съ мѣстными условіями, и треугольники, и четырехугольники. Опредѣливъ за симъ отмѣтки или превышенія вершинъ многогранника и заснявъ горизонтальныя ихъ проекціи, получаютъ достаточныя данныя, чтобы судить о рельефѣ пронивеллированнаго участка.

Если поверхность даннаго участка настолько волнообразна, что представляетъ рѣзкія измѣненія въ общемъ характерѣ рельефа, образуя попеременно горныя хребты, лощины, отдѣльно лежащія вершины, котловины, (углубленія) и т. п., то предпочитаютъ нивелированіе участка произвести по направленію осей этихъ хребтовъ и лощинъ, пролагая по нимъ и связывая между собою нивеллирные хода. Если участокъ незначителенъ, то довольствуются иногда вмѣсто полигоновъ отдѣльно лежащими пунктами, заснятыми полярнымъ способомъ. Разсмотримъ каждый случай въ отдѣльности.

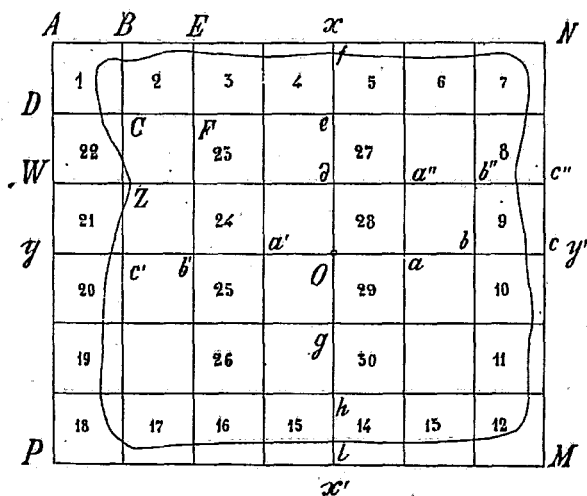
Возьмемъ ту часть участка, которую мы желаемъ пронивеллировать *по квадратамъ* ²⁾.

Пусть всю эту часть мы желаемъ заключить въ прямоугольникъ $ANMP$ (черт. 65). Для этого черезъ точку O , лежащую приблизительно по серединѣ участка, проведемъ двѣ взаимно перпендикулярныя линіи xx' и yy' ; по линіи yy' , отъ точки O , въ противоположныя стороны, отложимъ равныя между собою части, длиною отъ 10 до 20 сажень. Въ точкахъ отложенія a, b, c, a', b', c', y поставимъ перпендикуляры, и на нихъ отложимъ $aa' = bb' = \dots = FE = CB = WD \dots = gh = hi = DA = Oa$. Во всѣхъ точкахъ отложенія, т. е. въ вершинахъ квадратовъ заберемъ колышки, и составимъ на бумагѣ чертежъ сѣтки квадра-

¹⁾ Очевидно, что нахожденіе на данной прямой $AB = 325$ саж. мѣста E (слѣда) 19-ой горизонтали соотвѣтствуетъ дѣленію прямой AB въ отношеніи $(20,8 - 19) : (19 - 18,2)$, что даетъ $AE = 100$ и $BE = 225$.

²⁾ Для зыбкихъ мѣстностей способъ квадратовъ практикуется въ холодное время года когда болото замерзнетъ.

товъ. На чертежѣ квадратики перенумеруемъ, начиная съ лѣваго верхняго квадрата, причемъ сперва пронумеруемъ квадраты, лежащіе по границѣ участка. Пусть въ кольцѣ, ограничивающемъ участокъ, оказалось 22 квадрата, тогда приступаютъ къ нумерации квадратовъ колоннъ или рядовъ. На чертежѣ 65 перенумерованы колонны *черезъ одну*, чрезъ что получается 30 всѣхъ нумерованныхъ квадратиковъ. Придя на мѣстность съ такимъ чертежемъ, становятся съ нивеллиромъ въ серединѣ перваго квадрата и дѣлаютъ взгляды на рейки, установленныя въ вершинахъ *A*, *D*, *B* и *C*. Запись сдѣланныхъ взглядовъ заносятъ на составленный чертежъ въ соотвѣтствующихъ углахъ квадрата; послѣ



черт. 65.

чего идутъ во 2-й квадратъ съ нивеллиромъ, а рейки изъ *A* и *D* переносятъ въ *E* и *F*. Пронивеллировавъ 2-й квадратъ, переходятъ въ 3-й и т. д. Кончивъ нивеллировку 22-й квадратъ, переходятъ въ 23-й, нивеллировку начинаютъ отъ точки *F* и такъ идутъ до 26-го квадрата. Окончивъ 26-й, переходятъ въ 27-й квадратъ и здѣсь нивеллировку начинаютъ съ точки *e*, потомъ идутъ въ 28-й квадратъ и т. д., включительно до послѣдняго 30-го квадрата.

Во время нивеллировки квадратовъ сдѣланные отсчеты по рейкамъ контролируются слѣдующимъ приемомъ: пусть взгляды на точки *B* и *C* изъ перваго квадрата были B_1 и C_1 , а изъ второго — соответственно B_2 и C_2 , тогда превышеніе точки *C* надъ *B* будетъ

$$B_1 - C_1 = B_2 - C_2,$$

откуда найдемъ

$$B_1 + C_2 = B_2 + C_1,$$

т. е. на сторонѣ каждаго квадрата суммы накрестъ лежащихъ взглядовъ должны быть равны между собою.

Абрисъ—журналъ нивелированія поверхности луга.

Задача: По данному журналу выразить рельефъ поверхности горизонталями, проводя сѣченіе черезъ $\frac{1}{10}$ сажени.

A. ($h_A = \dots\dots$)		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	B.	
		0.538 0.576	0.622 0.644	0.607 0.545	0.544 0.586	0.631 0.758	0.627 0.675	0.589 0.736	0.615 0.676	
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	
		0.740 0.678	0.729 0.833	0.792 0.772	0.772 0.666	0.715 0.853	0.720 0.807	0.722 0.817	F 0.694 0.730	
(20)		0.646 0.582	E I	0.622 0.603	L N	0.507 0.643	Q S	0.576 0.673	0.612 0.651	(8)
		20.		21.		23.		25.	9.	
		0.734 0.645	V W	0.782 0.789	X Y	0.746 0.800	Z U	0.692 0.792	O 0.734 0.735	
(19)		0.675 0.588		0.680 0.691		0.607 0.662		0.560 0.660	0.675 0.673	(9)
		19.		22.		24.		26.	10.	
		0.688 0.908	H K	0.685 0.666	M P	0.668 0.770	R T	0.702 0.746	G 0.760 0.762	
(18)		0.640 0.856	0.688 0.569	0.698 0.682	0.625 0.654	0.598 0.701	0.523 0.604	0.660 0.703	0.641 0.639	(10)
		18.	17.	16.	15.	14.	13.	12.	11.	
		0.680 0.828	0.659 0.696	0.820 0.778	0.720 0.776	0.717 0.796	0.620 0.724	0.782 0.731	0.672 0.685	
D.		(17)	(16)	(15)	(14)	(13)	(12)	(11)	C.	

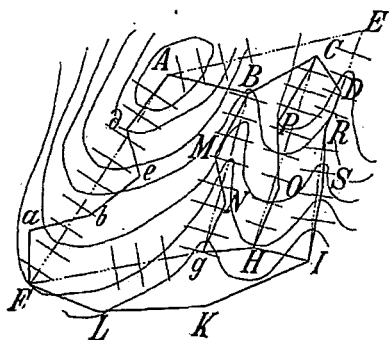
По данной начальной отмѣткѣ точки A ; высчитать отмѣтки: 1) *всѣхъ точекъ* внѣшняго кольца $A.B.C.D.A.$ (23-хъ точекъ) и этотъ замкнутый ходъ увязать; 2) высчитать по отмѣткѣ точки A . отмѣтку точки E ; 3) по отмѣткѣ точки E высчитать отмѣтки внутренняго кольца $E. I. L. N. Q. S. F. O. G. T. R. P. M. K. H. V. E.$ и увязать этотъ ходъ; 4) высчитать и увязать ходы: $I. W. K.; L. X. M.; N. Y. P.; Q. Z. R.; S. U. T.$

По окончаніи полевой работы, дома заготавливаютъ въ крупномъ масштабѣ копию съ сѣтки квадратовъ, даютъ точкѣ A отмѣтку (произвольную), напр., 20,000, или связываютъ ее съ реперомъ, и по отмѣткѣ точки A вычисляютъ отмѣтки точекъ $A, B, E, \dots x, \dots N, \dots c'', c, \dots M, \dots x' \dots P \dots W, D, A$. Увязавъ внѣшнее кольцо, находятъ отмѣтку точки C .

Отъ точки C идутъ вычисленіемъ по внутреннему сомкнутому ходу $CF \dots e \dots b'' b \dots h \dots c' ZC$ и его увязываютъ. Послѣ увязки внутренняго кольца, когда высчитаны отмѣтки его точекъ, начинаютъ вычислять отмѣтки точекъ вдоль вертикальныхъ прямыхъ, проходящихъ черезъ вершины 1) F и b' , 2) черезъ a' , 3) черезъ e, d, O, g, h , 4) черезъ a'' и a и, наконецъ, послѣдній 5) черезъ b'' и b . Очевидно, что всѣ хода по вертикальнымъ прямымъ должны быть увязаны между двумя реперами, отмѣтки которыхъ получились вычисленіемъ по внутреннему кольцу, такъ, на примѣръ, ходъ $edOgh$ начинается съ отмѣтки точки e и вычисленіемъ заканчивается отмѣткою точки h . Оказавшуюся разницу для отмѣтки точки h разлагаютъ на отмѣтки точекъ d, O и g . Какъ примѣръ, предлагаемъ слѣдующій абрисъ-журналъ нивелированія поверхностей луга (см. стр. 73).

Надписавъ отмѣтки при вершинахъ квадратовъ на копіи сѣтки, построенной въ крупномъ масштабѣ, приступаютъ къ отысканію и проведенію кривыхъ линій, имѣющихъ во всѣхъ своихъ точкахъ одинаковыя отмѣтки (такъ называемыхъ, горизонталей), такъ, напр., сперва ищутъ кривую, отмѣтки точекъ которой были бы 10,000, затѣмъ проводятъ кривую отмѣтокъ 9,9 саж., послѣ того 9,8 саж. и т. д. (черт. 66). Болѣе подробно о проведеніи кривыхъ одной и той же высоты мы остановимся въ статьѣ „о проведеніи горизонталей по плану“.

Во второмъ случаѣ, когда на данномъ участкѣ приходится встрѣчать крутые склоны, работа располагается слѣдующимъ образомъ: 1) По наиболѣе высокой части участка $ABCDE$ (черт. 67) пролагаютъ сомкнутый нивеллирный ходъ, измѣряя длины AB, BC, CD, DE и EA и углы поворотовъ A, B, C, D и E , притомъ ходъ прокладывается такъ, чтобы онъ связалъ нивелировкой вершины A и C хребтовъ AF и CH и высшія точки B и E ущелій BK и EL . 2) Внизу, подъ горою, у ея подножія, связываютъ наиболѣе низкія точки участка, а именно: L, F, g ,



Черт. 67.

ущелій BK и EL . 2) Внизу, подъ горою, у ея подножія, связываютъ наиболѣе низкія точки участка, а именно: L, F, g ,

H, I—также сомкнутымъ полигономъ. Послѣ этого стремятся связать по *наибольше отлогому ущелью* $gNMB$ точки g и B съ помощію разомкнутого полигона, пройденнаго нивелировкой впередъ и назадъ. Такіе же разомкнутые полигоны прокладываютъ и по склонамъ AF и CH , а также по ложинѣ EI . Одновременно съ продольною нивелировкою ведутъ и поперечную.

Вычисленіе отмѣтокъ начинаютъ съ *наиболѣе* низкой точки, напр., съ точки K . Пусть ея отмѣтка K дана, тогда по ней вычисляютъ отмѣтки точекъ L, F, g, H, I по второму сомкнутому ходу. Послѣ этого, имѣя отмѣтку точки g , находятъ отмѣтки точекъ N, M и B . По отмѣткѣ точки B вычисляютъ отмѣтки вершинъ верхняго полигона. Несомкнутые хода AB, CH и DI увязываютъ по реперамъ A и F, C и H, D и I . Если бы мѣстность не имѣла рѣзкихъ (крутыхъ) склоновъ, то можно было бы ограничиться положеніемъ сомкнутого хода $FABgHCDIKLF$ въ связи съ поперечными къ нему ходами.)

§ 37. Нивелированіе рѣки. Нивелированіе рѣки бываетъ двухъ родовъ: 1) съ цѣлью полученія *живого сѣченія* въ данномъ мѣстѣ, т. е. поперечнаго профиля ея дна и береговъ (для опредѣленія формы русла) и 2) для нахожденія уклона уровня ея воды.

Пріемъ опредѣленія формы русла рѣки зависитъ отъ ея ширины. Если рѣчка не широка и по глубинѣ не значительна, то съ одного ея берега на другой перебрасываютъ канатъ (или доску). Притомъ, такъ какъ уровень воды въ рѣкѣ горизонталенъ только по направленію перпендикулярному къ ея теченію, то направленіе каната должно быть перпендикулярно къ берегамъ. На канатъ черезъ равныя промежутки 2—3 сажени привязываются кожаные ярлыки съ номерами. Направляясь на лодкѣ вдоль каната, у каждаго ярлыка опускаютъ рейку, устроенную изъ газовой трубы съ тяжестію на концѣ (наметка), и по наметкѣ читаютъ глубину рѣки до горизонта ея воды. Записавъ глубину при соотвѣтствующихъ номерахъ въ журналѣ, дома вычерчиваютъ форму живого сѣченія. Для этого берутъ прямую и на ней откладываютъ горизонтальныя разстоянія между кожаными ярлыками въ какомъ-либо масштабѣ. Изъ точекъ отложенія, внизъ отъ прочерченной линіи возставляютъ перпендикуляры. На перпендикулярахъ откладываютъ соотвѣтствующія глубины и соединяютъ концы этихъ перпендикуляровъ непрерывною чертою, чрезъ что и получаютъ желаемый профиль — живое сѣченіе.

Для широкихъ рѣкъ *наиболѣе удобнымъ* временемъ года для опредѣленія формы русла считается зима, чрезъ рѣку по льду провѣшиваютъ линію $Aaa_1... a_n B$ (черт. 68), перпендикулярную къ берегамъ; по направленію этой линіи просверливаютъ ледъ на равныхъ разстояніяхъ и измѣ-

въ A даетъ знакъ, что лодка находится въ створѣ AB , рабочій опускаетъ наметку, а съемщикъ въ P , направляя трубу инструмента на наметку, отсчитываетъ уголъ x . Въ a измѣряется глубина. Послѣдующія глубины въ $a_1, a_2, a_3, \dots$ измѣряются съ лодки L , которая удерживается на линіи AB съемщикомъ A . При измѣреніи глубинъ съемщикъ P поворачиваетъ алидаду инструмента и послѣдовательно опредѣляетъ углы $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ Чтобы устанавливать лодку въ надлежащихъ точкахъ, необходимы или два якоря, или два столба m и n , къ которымъ привязаны канаты; ослабляя одинъ изъ нихъ и натягивая другой, можно передвинуть лодку по указанію съемщиковъ. Длина каждаго изъ канатовъ должна быть, разумѣется, болѣе ширины рѣки, а потому для перетягиванія ихъ иногда нужны на носу лодки два ворота.

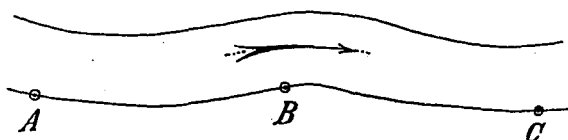
Опредѣленіе уклона рѣки¹⁾. Начальную и конечную точку при нивеллировкѣ урѣза воды стремятся отнести *къ одному и тому же уровню воды*. Зная отмѣтки этихъ двухъ точекъ, достаточно разность отмѣтокъ начальной и конечной точки продольной (вдоль берега рѣки) нивеллировки раздѣлить на горизонтальное разстояніе между ними, чтобы получить уклонъ рѣки. Поэтому если допустить, что уровень воды въ рѣкѣ остается все время безъ измѣненія, то опредѣленія уклона рѣки лучше всего можно было бы достигнуть нивеллировкой поверхности ея воды, *располагая нивеллирный ходъ по берегу*, по возможности параллельно линіи теченія рѣки. При этомъ можно было бы забивать пикетажные колья, начиная отъ того мѣста, съ котораго желаютъ опредѣлить уклонъ, черезъ каждыя 25—50 сажень или же на иныхъ разстояніяхъ, болѣе подходящихъ къ строенію откосовъ берега; на колья урѣза воды можно было бы ставить рейки, надлюдая, чтобы вода касалась пятокъ рейки.

Сдѣланныхъ по рейкамъ взглядовъ и измѣренныхъ между ними разстояній вполне было бы достаточно для опредѣленія паденія и уклона рѣки. Въ небольшихъ рѣчкахъ, ручьяхъ и каналахъ (водотокахъ) можно было бы рейки ставить прямо на дно по срединѣ ложа водотека и, въ зрительную трубу, по рейкамъ читать высоту горизонтальнаго луча зрѣнія, а непосредственно (по рейкамъ) еще и высоту горизонта воды. Чрезъ это одновременно опредѣлились бы уклоны дна и поверхности воды.

Представимъ теперь себѣ, что *уровень воды въ рѣкѣ не остается постояннымъ, а постепенно повышается (или понижается)*, такъ какъ прибывъ воды въ рѣкѣ не соотвѣтствуетъ ея расходу. Такого рода неравномѣрный расходъ въ количествѣ воды можетъ породить явленіе, сходное или съ подпоромъ

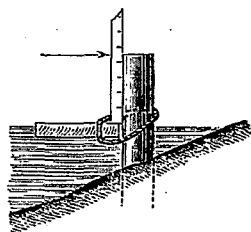
¹⁾ Лучше всего производить при слабыхъ уклонахъ при помощи точной нивеллировки, напр., по способу *Зейбта* (см. „Извѣстія собранія инженеровъ путей сообщенія“, 1901 годъ, №№ 9 и 10).

воды запрудой, или понижение горизонта воды отъ открытія шлюзъ, а нивелированіе измѣняющагося уровня воды въ рѣкѣ, въ эти моменты, могло бы привести къ ложному заключенію, а именно, что уклонъ рѣки противоположенъ дѣйствительному ея уклону. Такое заключеніе можетъ произойти при нивелированіи рѣки внизъ по теченію при повышающемся горизонтѣ (подпоръ воды), а также при нивелированіи вверхъ по рѣкѣ во время пониженія уровня воды (спадъ воды въ открытый шлюзъ). Подпоръ и спадъ воды равносильны подъему и опусканію пятки рейки во время нивелировки, такъ какъ пятка рейки должна касаться воды. Вслѣдствіе этого нивелированіе воды къ рѣкѣ должно быть отнесено на всемъ нивелируемомъ участкѣ къ одному и тому же ея уровню въ одинъ и тотъ же заразные опредѣленный моментъ, а въ случаѣ, если одновременныхъ наблюденій уровня воды въ рѣкѣ въ различныхъ ея пунктахъ невозможно произвести, то послѣдовательно произведенныя наблюденія слѣдуетъ путемъ вычисленія привести къ одному и тому же моменту времени. Для одновременныхъ наблюденій уровня воды въ рѣкѣ на нивелируемомъ участкѣ забиваютъ рядъ кольевъ *A, B, C* (черт. 70) на разстояніи отъ 1 до 2 верстъ другъ отъ друга; каждый изъ наблюда-



Черт. 70.

телей забиваетъ свой колъ такъ, чтобы въ условленный моментъ (по часамъ, свѣреннымъ съ часами другихъ наблюдателей, или по сигналу, напр., по выстрѣлу), верхушка кола была или въ уровень съ водою (тогда рядомъ съ нимъ для видимости наблюдатель загоняетъ другой, болѣе высокій колъ), или же верхушка кола оставляется на значительной высотѣ надъ водою, и на ней дѣлается замѣтка (напр., зарубка ножомъ) въ условленный моментъ, показывающая высоту горизонта воды. Въмѣсто зарубокъ можно слѣлать одновременно измѣреніе высотъ верхушекъ кольевъ надъ водою. Лучше всего дѣлать такое измѣреніе помощью поплавка (черт. 71), состоящаго изъ дощечки съ дѣленіями, съ веревочною петлею, надѣваемой на колъ.



Черт. 71.

Наблюденіе высоты воды на забитыхъ кольяхъ дѣлается или до нивелировки ихъ верхушекъ, или послѣ нея, но всегда въ одинъ и тотъ же моментъ времени: тогда по

отмѣткамъ верхушекъ кольевъ A, B, C , полученнымъ изъ нивеллировки, и измѣреннымъ высотамъ кольевъ надъ водою, опредѣлятся отмѣтки уровня воды у кольевъ A, B, C , а по нимъ и превышенія h_1 и h_2 уровня воды у кола A надъ B и у кола B надъ C . По построенному на бумагѣ нивелирному ходу можно измѣрить разстоянія AB и BC , а слѣдовательно, найти уклоны рѣки

$$p_1 = \frac{h_1}{AB}, \quad p_2 = \frac{h_2}{BC} \quad \text{и} \quad p = \frac{1}{2} (p_1 + p_2).$$

Самое нивелированіе между реперами A и B , а также B и C , дѣлается два раза: впередъ и назадъ обычнымъ приѣмомъ продольной нивеллировки, безъ разбивки закругленій по ея оси.

Въ случаѣ недостатка въ числѣ наблюдателей, однако, когда ихъ не менѣе двухъ, возможно наблюдать высоту воды сперва, напр., на кольяхъ A и B , а затѣмъ на B и C , и при посредствѣ двойного наблюденія высоты воды на колѣ B можно опредѣлить одновременную высоту воды на колѣ C и на колѣ A : для этого, разумѣется, достаточно въ наблюденную высоту воды кола C ввести съ соотвѣтствующимъ знакомъ разность двухъ наблюденныхъ высотъ воды на колѣ B .

При наличности только одного наблюдателя необходимо: 1) допустить гипотезу, что измѣненіе высоты уровня воды въ рѣкѣ совершается пропорціонально времени и, для удобства вычисленія, а также для допущенія существованія гипотезы на возможно меньшій промежутокъ времени, 2) требовать, чтобы на наблюденія высоты воды на всѣхъ забитыхъ кольяхъ и на проходѣ отъ кола до кола тратилось столько же времени при обратномъ ходѣ ¹⁾, сколько и при прямомъ ходѣ; тогда среднее изъ двухъ наблюденій для каждаго кола можно считать отнесеннымъ къ одному и тому же моменту времени, а именно, считать его отнесеннымъ къ уровню воды, въ средній моментъ промежутка времени, потраченного на наблюденія и прохожденіе прямого и обратнаго хода.

Пусть, напримѣръ, на колѣ i первое наблюденіе было сдѣлано въ моментъ t_i , а второе въ t'_i , измѣненіе высоты уровня воды за единицу времени $= \pm q$, начальная высота уровня воды въ моментъ t_i пусть была s , тогда

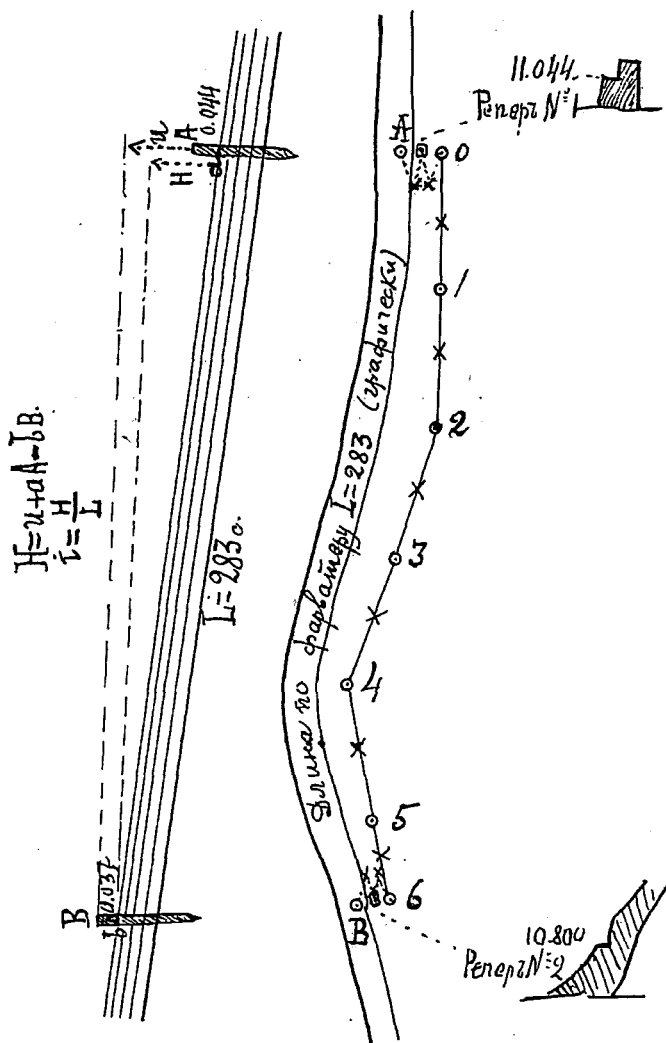
$$s + q \frac{t'_i - t_i}{2}$$

дастъ высоту уровня воды на колѣ i въ моментъ времени $= \frac{1}{2} (t_i + t'_i)$. Къ этому же моменту времени будутъ отнесены и наблюденія на прочихъ кольяхъ.

¹⁾ Сдѣланномъ немедленно послѣ прямого.

Самыя наблюденія, какъ уже сказано на стр. 80, нужно дѣлать однимъ и тѣмъ же переноснымъ поплавкомъ во избѣжаніе ошибокъ отъ (смачиванія) прилипанія воды къ шкалѣ, непосредственно погруженной въ воду.

Эскизъ къ примѣру опредѣленія уклона рѣки по двумъ одновременно забитымъ кольямъ.



Черт. 69а.

Примѣчаніе. Колья А и В одновременно забиты на разстояніи 0.2 с. отъ берега. Репера взяты на случай опредѣленія уклона при другихъ горизонтахъ воды въ рѣкѣ (чтобы не дѣлать вторично нивелировку по берегу. Крестиками обозначены мѣста постановки нивелира).

Числовой примѣръ сложнаго нивелированія прямымъ и обратнымъ ходами глухимъ нивелиромъ ¹⁾ съ обработкой журнала методомъ „повышеній и пониженій“.

Точки.	Разстоя- нiя.	Взглядъ (въ тысяч. доляхъ саж.).		Разности уровней		Средняя раз- ности урв. изъ прям. и обрат. ход.	Условiя отмѣтки.	Примѣчанiя.
		Задн.	Перед.	Повыш. +	Пониж. —			
<i>A</i>		1339					10.000	Примѣръ взятъ изъ работы по опредѣ- ленiю уклона рѣки во время половодья. <i>A</i> и <i>B</i> — колья, забитые около берега, съ затесанными гранями, на которыхъ, въ одно и то же время, сдѣланы, на уровнѣ воды, карандашемъ мѣтки <i>a</i> и <i>b</i>. Разстоянiя этихъ мѣтокъ отъ верху- шекъ колевъ оказались: $aA = 0.044$; $bB = 0.037$. Реперами служатъ площадки ступе- некъ, выпиленныхъ на пняхъ противъ колевъ (см. схематическiй чертежъ). Разность уровней точекъ <i>B</i> и <i>A</i> $u = 0.143$.
Репер. № 1.	3		295	+ 1044		+ 1044	11.044	
Репер. № 1. Пикет. № 0.	7	1107	411	+ 696		+ 695 ₅	11.739 ₅	
0	50	817	170	+ 647		+ 647	12.386 ₅	
1	50	423	451		— 028	— 028	12.358 ₅	
2	50	113	681		— 568	— 568	11.790 ₅	
3	50	794	270	+ 524		+ 524	12.314 ₅	
4	50	813	1641		— 828	— 827	11.487 ₅	
5	30	1383	541	+ 842		+ 842	12.329 ₅	
6	7	214	1744		— 1530	— 1529 ₅	10.800	
Репер. № 2.	2	678	1335		— 657	— 657	10.143	
Репер. № 2. <i>B</i>								
Контроль		7681 7539	7539	+ 3753 — 3611	— 3611	+ 143	10.143 10.000	

<i>B</i>		1335					
Репер. № 2.			678	+ 657			
Репер. № 2. 6		1744	215	+ 1529			
6		205	1047		— 842		
5		1034	208	+ 826			
4		320	844		— 524		
3		700	132	+ 568			
2		401	373	+ 028			
1		180	827		— 647		
0		433	1128		— 695		
Репер. № 1.		396	1440		— 1044		
Репер. № 1. <i>A</i>							
Контроль		6748 6892	— 6892	+ 3608 — 3752	— 3752		
При	прямымъ ходъ.	— 144		— 144			
	Невязка.			+ 142 002			

Паденiе рѣки между точками *B* и *A*

$$H = u + aA - bB = 0.143 + 0.044 - 0.037 = 0.150.$$

Соотвѣтствующая этому паденiю длина по фарватеру

$$L = 283 \text{ (по плану).}$$

Уклонъ

$$i = \frac{H}{L} = \frac{0.150}{283} = 0.00053.$$

¹⁾ Примѣръ заимствованъ изъ работъ *A. Н. Ширлева* по гидро-техническимъ изысканiямъ.

II-ой примѣръ. Пусть къ точкѣ *A* (черт. 67) забить колъ въ уровень съ водою въ 8 часовъ утра, и нивелировкой верхушку кола связали съ реперомъ, пришли въ *B* въ 10 часовъ дня и сдѣлали на колѣ *B* замѣтку урѣза воды, связали колъ съ реперомъ и вернулись въ *A* въ 12 часовъ, здѣсь сдѣлали на колѣ новую замѣтку выше первой на величину h_a , вторично въ *B* были въ 2 часа дня, въ *C* были въ 4 часа дня и также вбили здѣсь колъ въ уровень съ горизонтомъ воды. Въ *B* вернулись въ 6 часовъ вечера и на колѣ сдѣлали вторую замѣтку, стоящую выше первой на величину h_b . Слѣдовательно, за единицу времени вода прибывала на величину $h_a:4=q$. Въ точкѣ *B* въ 10 часовъ *горизонтъ былъ выше*, чѣмъ онъ былъ бы въ 8 часовъ утра, на величину $q \times 2$. Поэтому, идя по берегу нивелировкой отъ репера до репера, ставя рейку на колѣ *B* въ 10 часовъ, мы дѣлали отсчетъ по рейкѣ меньшій, чѣмъ слѣдовало, на величину $2q$, ибо вода, а слѣдовательно, и подошва рейки стояли выше. Вводя величину $2q$ съ знакомъ $+$ въ отсчетъ по рейкѣ и вычисляя по журналу отмѣтку точки *B*, мы получимъ вѣрный уклонъ p_1 промежутка *AB*. Также точно придется поступать при опредѣленіи уклона между кольями *B* и *C*.

Когда окажется, что рѣка имѣетъ разные уклоны на обоихъ берегахъ, то среднее изъ опредѣленныхъ уклоновъ можно считать за уклонъ середины рѣки¹⁾. Примѣромъ малаго уклона рѣки можетъ служить уклонъ Москвы-рѣки между городами Москвою и Коломною, гдѣ онъ равенъ почти 0,0001.

Уклоны *Волги* различны: отъ 0,00008 до 0,00032.

- „ *Нѣмана* отъ Гродно до Ковно. почти 0,0003.
- „ *Невы* въ Петербургѣ — 0,000014.
- „ *Сены* — 0,00004 (между Руаномъ и Гавромъ).
- „ *Бѣлой* — отъ 0,00007 до 0,00060.

§ 38. Нивелированіе дна стоячихъ водъ пруда, озера и части моря удобнѣе всего дѣлать зимою по льду; оно состоитъ въ томъ, что по плану, составленному для береговъ и урѣза воды, намѣчаютъ направленія, по которымъ производятъ промѣры глубинъ дна водохранилища на подобіе того, какъ это дѣлалось для опредѣленія живого сѣченія рѣки. Для пруда и небольшого озера лѣтомъ разбиваютъ на берегу два пересѣкающихся, лучше, взаимно перпенди-

¹⁾ Если бы поднимался вопросъ о томъ, — какой высоты плотину въ точкѣ *B* (черт. 67) можно поставить, при условіи, что подпруженная вода, принимающая горизонтальное направленіе, не затопитъ точку *A*, то, *приближенно* рѣшая вопросъ, можно было бы сказать, — не выше разности отмѣтокъ точекъ *A* и *B*. Болѣе точно задача эта рѣшается въ гидравликѣ.

кулярныхъ направлѣнія, на которыхъ отмѣряютъ равныя между собою разстоянія. Черезъ точки отложенія одной прямой на планѣ проводятъ линіи, параллельныя другой. На мѣстности дѣлаютъ промѣры съ лодки, устанавливаемой послѣдовательно въ точкахъ пересѣченія параллелей, а на планѣ записываются результаты при соотвѣствующихъ точкахъ. Для большихъ озеръ и моря по плану намѣчаютъ рядъ магистралей, по которымъ впослѣдствіи будутъ дѣлаться промѣры глубинъ. На мѣстности, на берегу, направлѣніе каждой магистрали обозначается парой вѣхъ, по створу которыхъ направляется лодка. Конечныя точки магистралей, а также и нѣкоторыя промежуточныя точки, опредѣляются засѣчками при помощи угломѣрныхъ инструментовъ (см. черт. 65 и 66). По направлѣнію каждой магистрали съ лодки черезъ каждые 20—30 гребковъ (ударовъ веслами) производится промѣръ глубины дна; причемъ не всѣ точки стоянія лодки замѣчаются инструментомъ, а лишь тѣ, которыя соотвѣтствуютъ 5, 10, 15, 20-му промѣру; онѣ замѣчаются тѣмъ, что въ нихъ съ лодки выкидываютъ флагъ, и положеніе его опредѣляется съ берега засѣчкою. Нанеся на планѣ точки засѣчекъ по магистрали, дѣлятъ промежутки между засѣченными точками на равныя части по числу произведенныхъ между ними промѣровъ.

Объемъ стоячей жидкости (воды, нефти) въ *пронивелированномъ по квадратамъ пруду* опредѣляется какъ сумма объемовъ ¹⁾ многогранниковъ, ограниченныхъ съ боковъ вертикальными плоскостями, сверху—уровнемъ воды, а снизу—соотвѣтствующей частью дна. Если въ 4 вершинахъ квадрата со стороною *a* глубины дна равны соотвѣтственно *m*, *n*, *p*, *q*, то объемъ *v* многогранника, сходнаго съ параллелепипедомъ, будетъ

$$v = \frac{m + n + p + q}{4} \cdot a^2 \text{ } ^2).$$

Тахеометрія.

§ 39. *Общее понятіе. Тахеометрія* ³⁾ (или тахиметрія) есть одинъ изъ видовъ вертикальной съемки, состоящій въ опредѣленіи разности высотъ двухъ точекъ съ помощію *наклоннаго луча зрѣнія* по *быстро* опредѣленному разстоянію между ними и углу наклоненія луча къ горизонту. Особенность тахеометріи состоитъ въ томъ, что *однимъ* и тѣмъ же инструментомъ, при томъ *однимъ* визированіемъ на пикетъ со станціи опредѣляется положеніе пикета по высотѣ, азимуту и разстоянію.

¹⁾ Вычисленіе объемовъ земли см. въ полномъ курсѣ, а проведеніе горизонталей по отмѣткамъ—въ отдѣлѣ о тахеометріи.

²⁾ Формула эта выводится, допуская, что поверхность дна пруда есть косая плоскость.

³⁾ Скороизмѣреніе.

Тахеометрію, въ которой разстоянія, помимо дальномѣра, получаютъ *графически* съ плана съемки, называютъ иногда *тахеографометрію*.

Приборы, служащіе для опредѣленія высоты предмета называются *высотомѣрами*; приборы, предназначенные для опредѣленія азимутовъ — *буссолями* и, наконецъ, приборы, служащіе для быстрого опредѣленія разстоянія, носятъ названія *дальномѣровъ*.

Такимъ образомъ заранее можно сказать, что приборъ предназначенный для тахеометріи, долженъ быть снабженъ дальномѣромъ, высотомѣромъ и буссолюю. Мы уже останавливали наше вниманіе на ознакомленіи съ буссолями и съ *дальномѣрами*, — безъ знанія дальномѣровъ изученіе тахеометріи было бы немыслимо. Теперь же перейдемъ къ ознакомленію съ *высотомѣрами*.

§ 40. О высотомѣрахъ. Возможность опредѣлять съ помощью сектора или вертикальнаго круга относительныя высоты двухъ данныхъ точекъ, (см. главу о нивелированіи § 22, стр. 42 ч. II) послужила поводомъ называть эклиметръ, секторъ, вертикальный кругъ и вообще приборы, допускающіе опредѣленіе съ ихъ помощью относительныхъ высотъ данныхъ точекъ, — *высотомѣрами*.

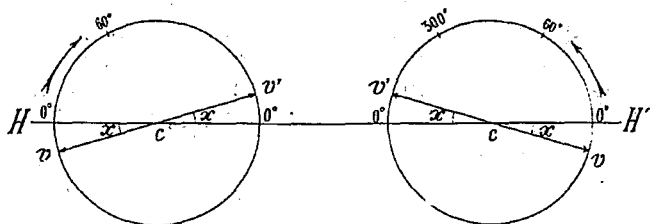
Высотомѣры рѣдко являются самостоятельными приборами, по большей же части они составляютъ приспособленіе къ визирному снаряду теодолита.

Высотомѣръ съ зрительною трубою представляетъ собой или полный вертикальный кругъ, или часть круга въ видѣ сектора, причемъ при трубѣ (или при неподвижной алидадѣ вертикальнаго круга) иногда помѣщается цилиндрическій уровень.

Пусть высотомѣръ представляетъ собою полный, подвижный вмѣстѣ съ трубою, вертикальный кругъ и неподвижную алидаду съ прикрѣпленнымъ къ ней уровнемъ (черт. 196 и 193 ч. I) *или уровнемъ, прикрѣпленнымъ къ подставкѣ трубы* (черт. 196 ч. I).

Разберемъ случай, когда кругъ раздѣленъ на 4 квадранта; каждый квадрантъ подраздѣленъ лишь по дугѣ въ 60° . Подпись дѣленій идетъ отъ обоихъ концовъ горизонтальнаго діаметра, при которомъ стоятъ верньеры. Если смотрѣть на инструментъ *при кругѣ право*, то верхній лѣвый и нижній правый квадранты имѣютъ надписи отъ 0° до 60° по ходу часовой стрѣлки, а лѣвый нижній и правый верхній квадранты имѣютъ подписи также по ходу часовой стрѣлки, но отъ 300° до 360° (или, иначе, до 0°). Такимъ образомъ верхняя половина круга, надъ діаметромъ, имѣетъ подпись $0^\circ—60^\circ$ и далѣе $300^\circ—360^\circ$, а нижняя половина, подъ діаметромъ, налѣво — $(360^\circ—300^\circ)$ и направо — $(60^\circ—0^\circ)$. Благодаря такой надписи, когда *діаметрально противоположныя точки круга подписаны одинаково*, по обоимъ

верньерамъ всегда прочитывается одно и то же число градусовъ, при этомъ при К. П. углы повышенія читаются между 0° и 60° , а углы пониженія отъ 300° до 360° , т.-е. вмѣсто угловъ пониженія читается ихъ дополненіе до 360° . При К. Л. углы пониженія будутъ читаться отъ 0° до 60° . (Черт. 70а) а углы повышенія—между 300° и 360° , т.-е. не самые углы, а ихъ дополненіе до 360° . Такимъ образомъ можно сказать, что если бы инструментъ былъ абсолютно вѣренъ, то сумма отсчетовъ, сделанныхъ при К. Пр. и Кр. Л.

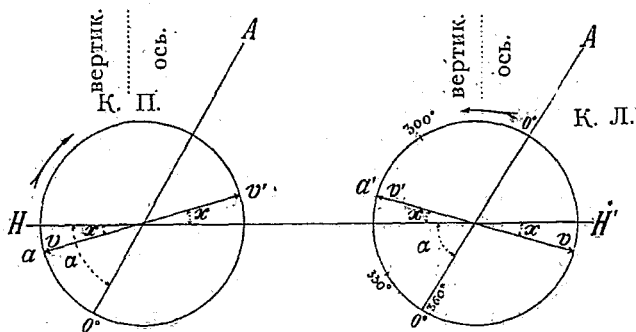


К. П.

Черт. 70а.

К. Л.

(при наведеніи креста нитей на одинъ и тотъ же предметъ, и при установкѣ передъ отсчетомъ по верньерамъ середины пузыря уровня алидады на середину трубки) должна быть равна 360° . Если же инструментъ не вѣренъ, т.-е. визирная ось трубы не параллельна оси уровня алидады, при совпаденіи нулей верньеровъ съ нулями вертикальнаго круга, то необходимо узнать величину угла x , обра-



Черт. 71а.

зуемаго нулевымъ діаметромъ круга съ линіею нулей верньеровъ, при параллельности оси трубы и оси уровня или, иначе опредѣлить мѣсто нуля.

Для отысканія на вертикальномъ кругѣ мѣста нуля, т.-е. того отсчета по верньерамъ v , при которомъ оптическая ось трубы должна быть параллельна оси уровня, а въ частномъ случаѣ перпендикулярна къ вертикальной оси вращенія инструмента, поступаютъ такъ: движеніемъ алидаднаго круга направляютъ трубу при К. П. на хорошо видимую точку A высокаго предмета (черт. 71а), приводятъ

пузырекъ уровня, закрѣпленнаго при подставкѣ, подъемными винтами на средину ¹⁾ и, установивъ пересѣченіе нитей на точку *A*, отсчитываютъ на вертикальномъ кругѣ (К. П.) показаніе *a* верньера *v*.

Затѣмъ переводятъ трубу черезъ зенитъ, и дѣлаютъ отсчетъ *a'*, по вертикальному кругу при К. Л. (черт. 71а правый) отъ *O*⁰ круга до нуля верньера, предварительно поставивъ пузырекъ уровня алидады на средину.

Обозначая $a + 360 = K. П.$, а $a' = K. Л.$, убѣдимся на числахъ, что искомый уголъ наклоненія α равенъ полуразности отсчетовъ при кругѣ право и кругѣ лѣво или, короче, „*кругъ право минусъ кругъ лѣво, дѣленное пополамъ*“, а мѣсто нуля на лимбѣ будетъ равно полусуммѣ отсчетовъ при кругѣ право и при кругѣ лѣво, или, короче, „*кругъ право + кругъ лѣво, дѣленное пополамъ*“, т.-е.

$$M.O. = \frac{K. П. + K. Л.}{2} \text{ и } \alpha = \frac{K. П. - K. Л.}{2} \text{ а также, что}$$

Уголъ наклоненія равенъ *кругу право минусъ мѣсто нуля, или мѣсто нуля минусъ кругъ лѣво.*

Примѣры I) При *Кр. Пр.* отсчетъ $a_1 = 2^0 18'$, а при *К. Л.* отсчетъ $a_2 = 357^0 42'$, тогда $M. O. = 360^0$ или O^0 и $\alpha = +2^0 18'$.

II) $a_1 = 359^0 12'$ и $a_2 = 0^0 40'$, мѣсто нуля $M. O. = \frac{0^0 40' + 360^0 + 159^0 12'}{2} = 359^0 56'$ (или $x = 0^0 44'$) и $\alpha = K. П. - M. O. = 359^0 12' - 359^0 56' = -0^0 44'$; или $M. O. - Kр. Л. = \alpha = 359^0 56' - (0^0 40' + 360^0) = -0^0 44'$.

Чтобы обратить *M. O.* въ нуль, достаточно, высчитавъ истинное значеніе α , напр., при *Пр. Кр.* направить крестъ нитей трубы на предметъ, микрометреннымъ винтомъ при алидадѣ поставить *O* верньера на отсчетъ α , а затѣмъ, отпустивъ у уровня *закрѣпительный* винтъ, помѣщающійся на рычагѣ алидады, поставить пузырекъ уровня на средину трубки, и у уровня винтъ вновь закрѣпить. Если уровень имѣетъ двойной (слѣва и справа отъ рычага) исправительный винтъ, то исправленіе (постановка пузырька на средину трубки) дѣлается этими двумя винтами.

Примѣчаніе. Если установить аналогію между измѣреніемъ угловъ наклоненія вертикальнымъ кругомъ и измѣреніемъ горизонтальныхъ угловъ на лимбѣ, то, какъ извѣстно, для полученія горизонтальнаго угла необходимо дѣлать два послѣдовательныя наведенія на двѣ точки, опредѣляющія уголъ, и затѣмъ составить разность отсчетовъ (см. § 123 страница 141 ч. I). Для угловъ наклоненія одинъ отсчетъ будетъ соответствовать наведенію на ту точку, уголъ наклоненія которой опредѣляется, а другой—горизонтальному положенію визирной оси трубы. Если подпись дѣлений круга идетъ отъ *O*⁰ до *360*⁰ слѣва направо (по ходу часовой стрѣлки) и вращается кругъ вмѣстѣ съ трубой, то, при *К. П.*, для того, чтобы наведеніе дѣлать по направленію подписи дѣлений, необходимо

¹⁾ Если уровень на алидадѣ, то микрометреннымъ винтомъ при алидадѣ (на черт. 196 Ч. I см. справа, внизу у вертикальнаго круга).

при углахъ повышенія сперва сдѣлать записъ, соответствующую *М. О.*, т.-е. горизонтальному положенію оптической оси, а затѣмъ уже ея наклонному положенію, соответствующему наведенію на предметъ, и изъ 2-го отсчета вычесть первый. При *К. Л.* подписи пойдутъ въ противоположную сторону и записъ, и вычитаніе придется дѣлать въ обратномъ порядкѣ.

Такимъ образомъ при *К. П.* уголъ наклона α по неизвѣстному *М. О.* и отсчету a_1 будетъ

$$\alpha = a_1 - \text{М. О.} \dots \dots \dots (1),$$

и при *К. Л.* онъ найдется по отсчету a_2 , какъ

$$\alpha = \text{М. О.} - a_2 \dots \dots \dots (2).$$

По вычитаніи находимъ

$$O = a_1 - \text{М. О.} - \text{М. О.} + a_2$$

$$\text{Откуда опредѣлится } \text{М. О.} = \frac{a_1 + a_2}{2} \dots \dots \dots (3)$$

т.-е. *М. О.* равно полусуммѣ отсчетовъ при *К. П.* и при *К. Л.*

Само собою разумѣется, если опредѣляется абсолютная величина α по формулѣ (1) и по (2), то вычитаніе числовыхъ величинъ возможно только тогда, когда не упущено изъ вида, что нуль круга прошелъ черезъ нуль верньера, и числовая величина отсчета увеличена на 360° . Когда *М. О.* почти равно нулю, то по (2) уголъ $\alpha = (\text{М. О.} + 360) - a_2$

и согласно равенства (3) получимъ $\text{М. О.} = \frac{a_1 + a_2 - 360}{2} \dots$ (а). Если же *М. О.* близко къ 360° , то по (1) уголъ $\alpha = a_1 + 360^\circ - \text{М. О.}$ и пото-

му по (3) $\text{М. О.} = \frac{a_1 + a_2 + 360}{2} \dots$ (б). Такъ какъ, прибавляя 360° къ *М. О.*, мы *М. О.* не измѣнимъ, то формулу (а) преобразуемъ въ (б), если къ (а) прибавимъ 360° .

§ 41. Примѣненіе дальномѣра—высотомѣра къ вертикальной съемкѣ. Такъ какъ ближайшая цѣль вертикальной съемки заключается въ опредѣленіи относительныхъ высотъ точекъ земной поверхности, то дальномѣры—высотомѣры вполне примѣнимы для вертикальной съемки,

такъ какъ съ помощью ихъ легко опредѣляются разстояніе *D* и уголъ наклона α (черт. 72), по которымъ относительная высота *h* (или разность уровней) точки *B* надъ *A* опредѣляется по формулѣ

$$h = D \operatorname{tg} \alpha \dots \dots \dots (h)$$

Черт. 72.

На практикѣ при отысканіи *D* и α поступаютъ слѣдующимъ образомъ:

если *AB* (черт. 73)

—данная линія мѣ-

стности, то въ до-

номъ ея концѣ *A*

устанавливаютъ

дальномѣрную тру-

бу съ высотомѣ-

ромъ (вертикаль-

нымъ кругомъ), въ

другой—*B* посыла-

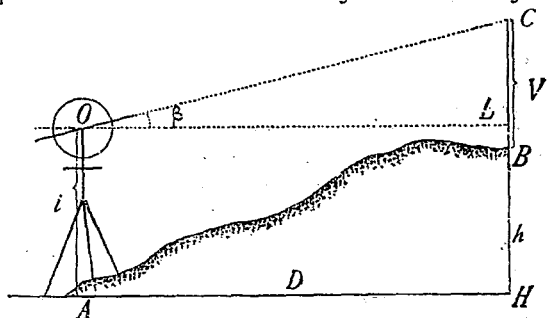
ютъ рабочаго съ

рейкой, длина *V* ко-

торой извѣстна, (или

заранѣе зарываютъ

сигналъ—въху



Черт. 73.

которой извѣстна, (или заранѣе зарываютъ сигналъ—въху

извѣстной длины V). Разстояніе $D = AN$ опредѣляютъ дальномѣромъ (если оно еще неизвѣстно изъ горизонтальной съемки), а уголъ наклона мѣряютъ по вертикальному кругу, направляя крестъ нитей или на вершину C вертикально установленной рейки (вѣхи), или вообще на произвольную точку C рейки съ дѣленіями. Въ послѣднемъ случаѣ по рейкѣ въ точкѣ C дѣлаютъ отсчетъ по средней горизонтальной нити сѣтки трубы. Въ точкѣ A измѣряютъ высоту $i = AO$ инструмента (отъ земли до горизонтальной оси-вращенія трубы).

Искомое превышеніе $h = BN$ найдется по формулѣ

$$BN = CL + LH - CB \text{ или } h = D \operatorname{tg} \beta + i - V \dots \dots (h').$$

Это формула показываетъ, что въ томъ случаѣ, когда $V = i$, т.-е. когда высота инструмента отложена на вѣхѣ, то $i - V = 0$, и уголъ β обращается въ уголъ наклона α линіи AB мѣстности, а членъ $D \operatorname{tg} \beta$ даетъ искомое превышеніе.

Если въ точкѣ B находится дальномѣрная рейка BO , длиною $l = 1,5$ саж., съ дѣленіями въ 0,01 сажени, и въ точкѣ ея C (черт. 74) сдѣланъ по средней нити отсчетъ 0,24 саж. отъ нуля O , то

Черт. 74. $V = l - 0,24 = 1,5 - 0,24 = 1,26$ саж.

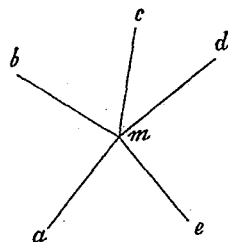
§ 74. Порядокъ работъ при вертикальной съемкѣ, производимой дальномѣрами—высотомѣрами. Въ статьѣ о нивелированіи поверхности было указано, что для того, чтобы снятый планъ возможно лучше давалъ понятіе о рельефѣ мѣстности, слѣдуетъ данный участокъ заключать мысленно въ многогранникъ, съемкою отдѣльныхъ граней котораго и слѣдуетъ заняться. Указанные въ § 36 пріемы основаны на выполненіи угломѣрной съемки въ связи съ нивелировкой. Такой порядокъ работъ и продолжителенъ, и дорогъ, а потому его замѣняютъ, особенно въ гористой мѣстности, съемкой, основанной на употребленіи высотомѣра-дальномѣра (§ 40). Въ основаніи этого рода съемки лежитъ примѣненіе формулы $h = D \operatorname{tg} \alpha + i - V$ (см. формулу (h) § 41 и относящіяся къ ней замѣчанія). Самая работа начинается съ того, что сперва по этой формулѣ опредѣляютъ взаимныя превышенія, а затѣмъ и альтитуды всѣхъ основныхъ или опорныхъ точекъ съемки, т. к. основное правило съемки, переходить отъ общаго къ частному, сохраняется и здѣсь.

Основные точки, если работа ведется на большомъ участкѣ, съ значительной шириной, выбираютъ по осямъ хребтовъ и лощинъ, преимущественно на вершинахъ горъ, у устья лощинъ и на т. п. характерныхъ точкахъ рельефа; онѣ замѣчаются высокими вѣхами или сигналами, такъ какъ онѣ значительно удалены другъ отъ друга, (отъ 200 до 500 саж.) и для нихъ опредѣляются отмѣтки вершинъ сигнала и отмѣтки ихъ подошвъ на землѣ. Взаимное положе-

ніе основныхъ точекъ опредѣляется горизонтальной съемкой способомъ засѣчекъ или обходомъ. Для участка *небольшихъ размѣровъ* довольствуются меньшимъ числомъ основныхъ точекъ, и ихъ ничѣмъ особенно (кромѣ вбитаго въ землю кола) не замѣчаютъ. Въ этомъ случаѣ основными точками являются *станціи* (точки постановокъ инструмента), причемъ для опредѣленія взаимнаго ихъ положенія примѣняется исключительно способъ обхода.

Для выраженія неровностей мѣстности даннаго участка горизонталями недостаточно знать только альтитуды основныхъ точекъ, напротивъ того, необходимо знать альтитуды возможно большаго числа характерныхъ точекъ земной поверхности; это число должно быть таково, чтобы линіи земной поверхности между тѣми точками, между которыми будутъ проводить горизонталі, могли быть разсматриваемы за *прямыя* линіи (за ребра воображаемаго многогранника); при съемкѣ эти точки дѣлаются станціями и пикетами. Пикетами называются тѣ изъ нихъ, на которыя ставятся рейки, съ цѣлю опредѣленія ихъ альтитудъ.

Опредѣленіе альтитудъ пикетовъ производится примѣненіемъ формулы (h) § 41 слѣдующимъ образомъ: на мѣстности намѣчаютъ наиболѣе характерныя точки, напр., вершины горъ, ихъ подошвы, устья лошинъ, сѣдловины и т. п. и дѣлаютъ ихъ *станціями*, т. е. становятся въ нихъ съ инструментомъ и связываютъ эти точки (станціи) съ основными точками. Съ этою цѣлю измѣряютъ со станціи углы наклоненія на 2 или на 3 основныхъ точки и опредѣляютъ разстояніе¹⁾ отъ станціи до основныхъ точекъ, если оно не извѣстно изъ горизонтальной съемки. Альтитуду станціи вычисляютъ по альтитудамъ основныхъ точекъ, пользуясь формулой (h) того же § 41 и изъ полученныхъ результатовъ берутъ среднее ариѣметическое, которое принимаютъ за окончательное значеніе альтитуды станціи. Затѣмъ со станціи *m* (черт. 75) по направленію скатовъ (и при томъ по возможности въ концахъ ихъ) назначаютъ на мѣстности пикеты *a, b, c, ...* и ставятъ на нихъ послѣдовательно рейку, дальномѣромъ опредѣляютъ разстояніе *D* до нихъ отъ точки *m*, а по высотомѣру измѣряютъ соотвѣственно углы наклоненія α .



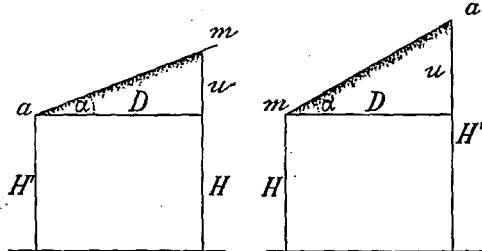
Черт. 75.

Этихъ данныхъ совершенно достаточно для опредѣленія альтитудъ пикетовъ.

Пусть *ma* (черт. 76) есть профиль земной поверхности, по линіи *ma*, *H*—альтитуда станціи, *H'*—альтитуда пикета;

¹⁾ Станція опредѣляется относительно основныхъ точекъ *засѣчкою назадъ*.

тогда изъ лѣвой части чертежа видно, что $H' = H - u$, гдѣ



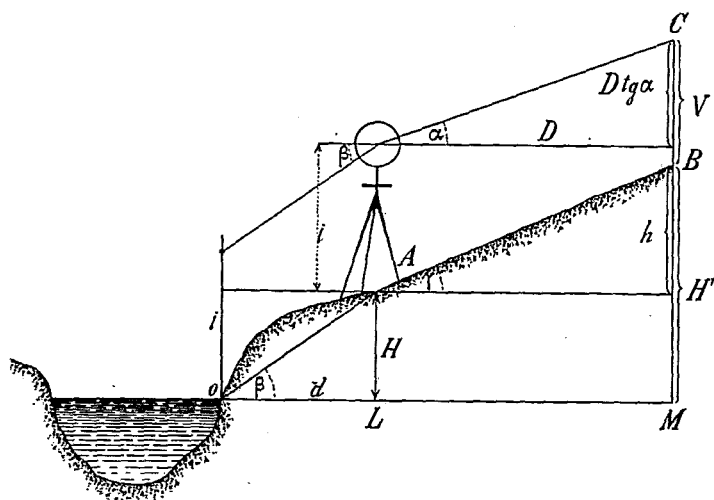
Черт. 76.

$u = Dtga$; при мѣстности же повышающейся (правая половина чертежа) ясно, что $H' = H + u$.

Если же условимся углы повышения означать знакомъ $+$, а углы понижения знакомъ $-$, то формула будетъ имѣть общій видъ:

$$u = \pm Dtga \text{ и } H' = H \pm u \dots (H').$$

Изъ всего только что изложеннаго слѣдуетъ, что на данномъ участкѣ сперва намѣчаются основныя точки, за-



Черт. 77.

тѣмъ станціи и, наконецъ, съ каждой станціи набирается рядъ пикетовъ. На участкѣ незначительныхъ размѣровъ можно, какъ уже было замѣчено, не прибѣгать къ системѣ опорныхъ точекъ, а за нихъ принять станціи.

Опредѣливъ на каждой станціи ея альтитуду и по ней альтитуды всѣхъ связанныхъ съ этой станціей пикетовъ, переходятъ затѣмъ на слѣдующую станцію и такъ продолжаютъ до тѣхъ поръ, пока вся мѣстность будетъ покрыта пикетами.

Первый пикетъ обыкновенно берется у поверхности воды.

Изъ чертежа 77 видно, что альтитуда H первой станціи, т. е. точки A , гдѣ находится инструментъ, можетъ быть найдена по альтитудѣ перваго пикета.

Проще всего H опредѣлится, если на рейкѣ отложена высота инструмента i , и уголъ наклона β измѣренъ по вы-

сото́мѣру, направляя крестъ нитей на мѣтку, сдѣланную на рейкѣ, такъ какъ $AL = OL \cdot \operatorname{tg} \beta$, т. е. исконое $H = d \cdot \operatorname{tg} \beta$. Зная величину альти́туды H , легко усмотрѣть, что альти́туда H' первого сигнала (основной точки) найдется по альти́тудѣ первой станціи, а именно для мѣстности повышающейся $H' = H + h$, а такъ какъ $h = i + D \operatorname{tg} \alpha - V$, то $H' = H + i + D \operatorname{tg} \alpha - V$.

Само собою разумѣется, что альти́туда MC вершины C сигнала найдется такъ:

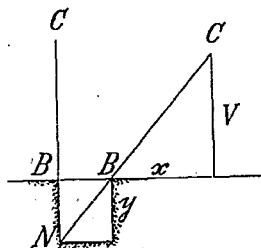
$$MC = H' + V = H + i + D \operatorname{tg} \alpha.$$

Здѣсь α —уголъ наклоненія, измѣренный на вершину сигнала, а D разстояніе, или взятое изъ горизонтальной съемки, или измѣрено по дальномѣру, т. е. $D = a \cos^2 n$, здѣсь n есть уголъ наклоненія линіи AB къ горизонту, а величина a есть отсчетъ, сдѣланный по дальномѣру на вертикально стоящей рейкѣ. Для мѣстности понижающейся формула остается та же, но въ ней α должно быть отрицательно и h должно быть взято со знакомъ минусъ:

$$-h = -(D \operatorname{tg}(-\alpha) + i - V), \text{ т. е. } (-h) = D \operatorname{tg} \alpha - i + V.$$

Если вообразимъ въ B —инструментъ и въ A —вѣху съ высотой V , то чертежъ дастъ, если черезъ вершину инструмента провести горизонтальную линію, что по абсолютной (безъ знака) величинѣ: $h + i = V + D \operatorname{tg} \alpha$ или $h = D \operatorname{tg} \alpha - i + V$.

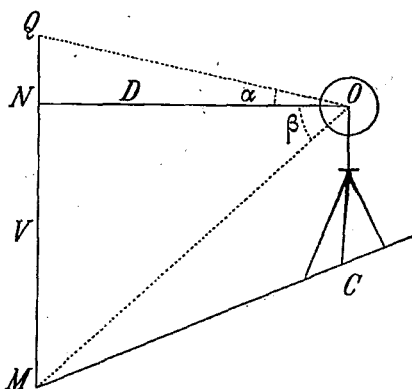
Высота сигнала V или измѣряется при постановкѣ сигнала, или опредѣляется путемъ вычисленія. Въ первомъ случаѣ передъ постановкою сигнала измѣряютъ длину его NC (черт 78) и изъ нея скидываютъ глубину y ямы, такъ что принимаютъ $BC = NC - y$.



Черт. 78.

Если сигналъ устанавливается нѣсколько наклонно, то къ вершинѣ C привязывается бичевка съ тяжелой гирей и на мѣстности измѣряется катетъ x . Гипотенуза BC принимается $NC - y$, а потому искомая высота $V = \sqrt{BC^2 - x^2}$.

Если высота V не можетъ быть получена непосредственнымъ измѣреніемъ, то какъ видно изъ чертежа 79, она найдется какъ сумма $MN + NO = D \operatorname{tg} \beta + D \operatorname{tg} \alpha = D \cdot (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta)$. Здѣсь α и β углы наклоненія, измѣренные на вершину сигнала и на его основаніе или на точку, взятую близъ основанія, причемъ высота



Черт. 79.

ея надъ основаніемъ извѣстна. При этомъ знакъ β не принимается въ расчетъ.

Изъ формулы:

$H' = H + i + D \operatorname{tg} \alpha - V$ (I) легко найти по данному H' (или все равно $H' + V$) *альтитуду* H *любой станціи*; она будетъ:

$$H = H' + V - i - D \operatorname{tg} \alpha$$
 (II)

Примѣняя формулы (I) и (II), не слѣдуетъ забывать знакъ у угла α , а слѣдовательно у члена $D \operatorname{tg} \alpha$. Онъ *будетъ съ + для угла повышенія и съ — для угла пониженія*¹⁾.

Ко всему этому достаточно прибавить, что по альтитудѣ первой станціи можно найти альтитуды лежащихъ вокругъ нея и видимыхъ изъ нея основныхъ точекъ: послѣ чего по нимъ—опредѣлить вторую станцію и т. д.

§ 43. *Цѣль съѣмки тахеометромъ, ея особенность, преимущества и недостатки.* Тахеометрическая съѣмка, какъ уже было сказано въ § 39, преслѣдуетъ двоякую цѣль, — *одновременно, а главное быстро, производитъ и горизонтальную и вертикальную съѣмку*. Невысокая, сравнительно съ нивеллирными работами, ея точность вполне достаточна для нѣкоторыхъ случаевъ практики и вполне вознаграждается быстротою получаемыхъ результатовъ.

Главнѣйшая особенность тахеометріи состоитъ въ полученіи со станціи посредствомъ одного визированія *всѣхъ 3 элементовъ, опредѣляющихъ положеніе пикета относительно станціи*, т. е. разстоянія, азимута и относительной высоты.

Результаты полевой работы выражаются числовыми данными въ полярныхъ координатахъ, т. е. разстояніемъ и угломъ, и отмѣтками. Необходимыя вычисленія производятся при этомъ или *логарифмически* или съ помощью таблицъ, или съ помощію такъ называемой вычислительной линейки. Самый порядокъ работы даетъ возможность контролировать получаемыя данныя, какъ во время полевыхъ дѣйствій, такъ и дома, при составленіи нивеллирнаго плана.

Тахеометрическія работы требуютъ небольшого числа рабочихъ рукъ, а потому дешевле. Тахеометрія предложена была въ Италіи въ 1823 году миланскимъ профессоромъ Порро; послѣ этого она получила широкое примѣненіе не только въ Италіи, но во Франціи и Испаніи. За послѣднее время наибольшаго своего развитія она достигла во Франціи, гдѣ съ любовью и полнымъ успѣхомъ занимаются усовершенствованіемъ тахеометровъ. Она получила тамъ свое примѣненіе при кадастровыхъ и военныхъ съѣмкахъ. Сравнительно съ другими родами съѣмки, гдѣ горизонтальная съѣмка ведется отдѣльно отъ вертикальной, тахеометрія сводитъ время полевой работы, какъ наиболѣе дорогое, къ *minimum'u*, а слѣдовательно обходится дешевле.

¹⁾ Для угла пониженія β (черт. 73 и 77) легко вывести, что $H + = H' + V + D \operatorname{tg} \beta$.

§ 44. Тахеометры. Употребляющийся при одновременной горизонтальной и вертикальной съемкѣ полевой инструментъ носитъ названіе тахиметра или, чаще, *тахеометра*.

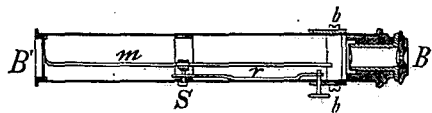
Первоначально устроенный по идеѣ Порро тахеометръ и названный имъ клепсидикломъ ¹⁾ или тахеометромъ-клепсъ имѣлъ сложную конструкцію и малую устойчивость и, главное, могъ быть повѣряемъ только механикомъ. Эти недостатки устранены въ новѣйшихъ тахеометрахъ, изготовляемыхъ по идеѣ французскаго инженера Муано, въ общихъ чертахъ имѣющихъ видъ теодолита.

Всякій повторительный и даже простой теодолитъ, въ трубѣ котораго имѣются дальномѣрные нити, легко обращается въ тахеометръ, если къ нему присоединить буссоль и вертикальный кругъ (или секторъ). Къ такому теодолиту помимо дальномѣрной рейки должно быть приложено приспособленіе для вычисленія (по отсчетахъ, сдѣланнымъ на рейкѣ и вертикальномъ кругѣ) горизонтальныхъ разстояній и относительныхъ высотъ (въ видѣ таблицы высотъ, масштаба высотъ или, наконецъ, логарифмической линейки).

Во избѣжаніе этихъ приспособленій для вычисленій, Крейтеръ, а за нимъ Вагнеръ, Тише, Шарно, Санге, Гаммеръ, а также и другія лица предложили тахиметры, автоматически дающіе горизонтальное и вертикальное разстоянія одной точки надъ другой. Существеннымъ недостаткомъ такихъ тахиметровъ является ихъ громоздкость, благодаря добавочнымъ частямъ, предназначеннымъ непосредственно давать требуемая отъ тахиметра величины: горизонтальное проложеніе и разность высотъ.

Тахеометрические теодолиты были уже ранѣе нами (по частямъ) рассмотрѣны: по чертежамъ, части I-й курса 180, 192, 193 и 196. Что же касается до тахеометровъ, то они отличаются отъ только что указанныхъ теодолитовъ главнымъ образомъ устройствомъ вертикальнаго круга и буссоли.

Буссоль тахеометра Муано по внѣшнему виду представляетъ трубочку BB' , помѣщенную подъ лимбомъ и наглухо съ нимъ скрѣпленную. Внутреннее ея устройство изображено на черт. 80; внизу трубки на остріѣ шпиль S помѣщена магнитная стрѣлка m съ загнутымъ верху сѣвернымъ концомъ; при смотрѣніи черезъ окуляръ онъ проектируется на шкалу, дѣленія которой награвированы на матовомъ стеклѣ объектива B . Линія, соединяющая



Черт. 80.

¹⁾ Названіе это взято съ греческаго и произошло оттого, что лимбъ и вертикальный кругъ скрыты въ металлическихъ кубическихъ чехлахъ, боковыя отверстія которыхъ позволяютъ видѣть только дѣленія круговъ.

остріе шпилья S съ среднимъ штрихомъ шкалы, должна ыбть параллельна коллимаціонной плоскости трубы. При чтеніи азимута по лимбу (см. ч. I. § 132) тахеометра для приведенія въ совпаденіе загнутаго конца стрѣлки съ среднимъ штрихомъ шкалы, вращаютъ окулярную трубочку bb буссоли справа налѣво; вслѣдствіе чего опустится конецъ рычага r , и стрѣлка сядетъ на шпиль; послѣ этого вращаютъ лимбъ L около его вертикальной оси настолько, чтобы загнутый конецъ стрѣлки совпалъ съ среднимъ штрихомъ шкалы.

Неподвижный алидадный кругъ высотомѣра (т.-е. вертикальнаго круга) устроенъ такъ, что нули его верньеровъ совпадаютъ со штрихами 100 и 300 градъ (90^0 и 180^0) вертикальнаго круга, когда оптически ось трубы TT тахеометра параллельна оси уровня u , прикрѣпленнаго къ алидадѣ (иногда уровень прикрѣпляется къ подставкѣ трубы); такимъ образомъ по вертикальному кругу получаютъ (по верньеру при окулярѣ) отсчеты $= 100 g + a$. При алидадѣ помѣщаются исправительные винты y, y' , къ головкамъ которыхъ имѣется особый ключъ для надлежащей ихъ установки.

§ 45. Производство тахеометрической съемки. Съемка (горизонтальная и одновременно вертикальная) тахиметрами обыкновенно дѣлается цѣлою партіею техниковъ: на одного изъ нихъ, начальника партіи, возлагается главнѣйшая часть работы—выборъ мѣстъ станцій (для тахеометра) и пикетовъ (для реекъ). Начальникъ партіи руководитъ общимъ ходомъ всей работы; онъ же ведетъ пикетажную книжку или абрисъ (брульенъ или кроки). Другой техникъ (котораго назовемъ наблюдателемъ), находится постоянно при инструментѣ; онъ наводитъ трубу послѣдовательно на выставляемая начальникомъ партіи рейки и дѣлаетъ на нихъ отсчеты, имъ же прочитываются отсчеты на горизонтальномъ и вертикальномъ кругахъ и диктуются третьему съемщику (секретарю), заносяшему ихъ въ журналъ измѣренія и производяшему въ промежуткахъ времени вычисленія (горизонтальныхъ разстояній и высотъ) по логариѣмической линейкѣ. Еще лучше, если эту послѣднюю работу производитъ отдѣльное лицо (вычислитель), также находящійся при инструментѣ. Въ случаѣ недостатка съемщиковъ вся работа можетъ быть возложена на два и даже на одно лицо, но понятно, что это неминуемо отразится на успѣхѣ дѣла. Для быстроты полезно, если съемщики, находящіеся при инструментѣ, мѣняють свои обязанности. Начальникъ партіи долженъ имѣть въ своемъ распоряженіи двухъ рабочихъ-речниковъ; собственно число ихъ зависитъ отъ характера мѣстности—въ мѣстности открытой достаточно два и даже одного речника, а въ мѣстности пересѣченной необходимо число ихъ увеличивать. Наконецъ, для перенесенія инструмента съ одной станціи на другую, для защиты его зонтомъ

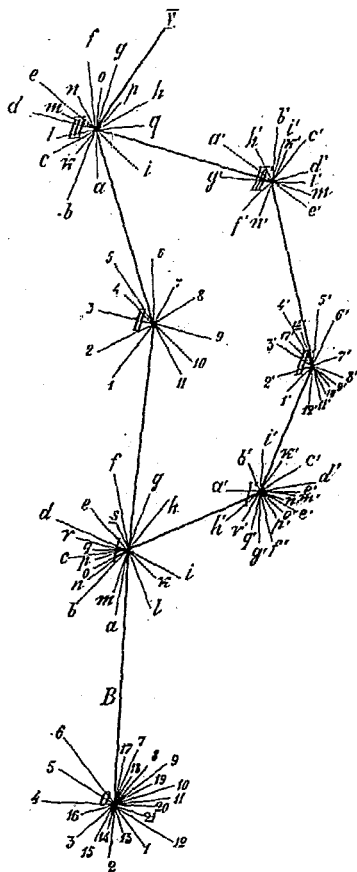
отъ солнечныхъ лучей и дождя и для разныхъ мелкихъ услугъ по съемкѣ при инструментѣ долженъ быть еще одинъ рабочій (сигналистъ) съ флагами столькихъ цвѣтовъ, сколько реечниковъ. Начальникъ партіи и наблюдатель должны имѣть по рогу или рупору, для того чтобы подавать другъ другу условные знаки (напр. въ родѣ телеграфной азбуки Морзе).

Самая работа на мѣстности состоитъ въ выборѣ, обозначеніи и опредѣленіи станицъ и пикетовъ.

Передъ началомъ работъ обозрѣвается вся мѣстность; это дѣлается для того, чтобы съ нею ознакомиться и составить себѣ общій планъ дѣйствій. Станціи выбираются такъ, чтобы онѣ были, по возможности, равномерно распределены по всему снимаемому участку и представляли прочное мѣсто для постановки инструмента, а также были удобны для обозрѣнія той части мѣстности, на которой будутъ ставиться кругомъ пикеты.

Для опредѣленія, какъ взаимнаго горизонтальнаго положенія, такъ и относительныхъ высотъ станцій, употребляются приемы болѣе точные, чѣмъ для пикетовъ. Такъ, между нѣкоторыми станціями можно произвести геометрическую нивелировку. Если требуется не высокая точность отъ работы, то поверхность всего снимаемаго участка покрывается полигонами, которые и снимаются тахеометромъ постепенно одинъ за другимъ.

При обходѣ полигона производится съемка горизонтальная и вертикальная не только по направленію сторонъ его, но и по всей близъ лежащей вокругъ станицы мѣстности при помощи пикетовъ. Величина невязки въ периметръ и въ высотъ исходной точки каждаго сомкнутого полигона позволитъ судить о степени точности его съемки.



Черт. 81.

При съемкѣ подробностей внутри полигоновъ, проходятъ по ломанымъ линіямъ (магистралямъ), соединяющимъ вершины снятыхъ полигоновъ. При назначеніи и съемкѣ полигоновъ должно стараться направлять ихъ стороны по дорогамъ, межникамъ, лугамъ, выгонамъ и т. п., точно также и при назначеніи магистралей. Если двѣ и болѣе магистрали пересѣкаются, то за истинную высоту точки пересѣченія принимаютъ среднюю ариѳметическую величину.

Станціи берутся такъ, чтобы двѣ смежныя изъ нихъ были взаимно видимы. Длины сторонъ при опредѣленіи ихъ дальномѣромъ зависятъ главнымъ образомъ отъ силы зрѣнія трубы инструмента, но во всякомъ случаѣ онѣ не должны превышать 150 саж. (300 метр.). Такой полигонный ходъ, называемый осью или базисной линіей, пролагается по срединѣ полосы, чтобы взятые въ обѣ стороны ея пикеты не слишкомъ отъ нея удалялись (не болѣе 100 саж.). Если пикеты не достаточны для съемки какой-нибудь подробности, то берутъ вспомогательныя станціи, какъ напр., I', которая связана съ базисною линіею разстояніемъ I—I' и угломъ II, I, I'. Если и отдѣльныхъ вспомогательныхъ станцій все-таки недостаточно, то проводится вариантъ I', II', III' III, съ постановкою инструмента въ вершинахъ его угловъ.

Главные станціи базисной линіи снимаются послѣдовательнымъ переходомъ отъ одной къ другой, вспомогательныя же станціи и варианты снимаются вслѣдъ за окончаніемъ работы на ближайшихъ главныхъ. Линіи, соединяющія двѣ сосѣднія станціи, могутъ и не принадлежать одному и тому же скату. Такъ, между двумя станціями, изъ которыхъ каждая выбрана на вершинѣ горы, можетъ находиться лощина.

Кругомъ каждой станціи назначаются *пикеты, которыми опредѣляются какъ 1) контуры мѣстности, такъ и 2) ея неровности.* Пикеты должны быть настолько близки между собою, чтобы промежутокъ между двумя ближайшими изъ нихъ имѣлъ одинъ скатъ или, по крайней мѣрѣ, незначительныя его измѣненія; это дастъ возможность назначить горизонтали. При опредѣленіи относительнаго положенія пикетовъ какъ въ горизонтальной, такъ и въ вертикальной плоскостяхъ, на нихъ ставятся рейки.

Станціи на мѣстности обозначаются деревянными кольями, выступающими надъ землею поверхностью примѣрно на 0,1 сажени. На стесанной сторонѣ кола пишется номеръ станціи соотвѣтственными римскими цифрами. Пикеты же на мѣстности совсѣмъ не обозначаются; ихъ номера или буквы записываются въ журналъ измѣренія и кроки.

§ 46. Кроки¹⁾ есть тотъ же абрисъ, который ведется начальникомъ партіи при назначеніи имъ на мѣстности станцій и пикетовъ. Отличается же онъ отъ абриса тѣмъ, что только въ соединеніи съ журналомъ, который ведется наблюдателемъ, можетъ служить для составленія плана снятой мѣстности. Также и одинъ журналъ безъ кроки не можетъ служить для составленія плана. Это потому, что на кроки хотя и не имѣется нѣкоторыхъ чиселъ, необходимыхъ при составленіи плана (напр., взаимныхъ разстояній между станціями, разстояній между станціями и пикетами, угловъ между направленіями на пикеты), но за то начальникъ партіи долженъ на немъ выразить характеръ неровностей снимаемаго участка. Выразить характеръ мѣстности можно 1) или указывая стрѣлками направленіе скатовъ между отдѣльными пикетами, дабы при составленіи плана можно было заранее знать,—какіе пикеты возможно соединять *попарно*,—для разсчета и проведенія на планѣ горизонталей, 2) или проведеніемъ на глазъ главныхъ горизонталей отдѣльныхъ неровностей (хребтовъ и лошинъ), которыя бы въ послѣдствіи указывали чертежнику при назначеніи имъ горизонталей на планѣ, между какими пикетами мѣстность можно разсматривать за часть плоскости и *гдѣ этого допустить нельзя*. Кроки должны быть составляемы въ возможно крупномъ масштабѣ, причемъ нѣтъ надобности заботиться о сохраненіи масштаба для всего кроки; напротивъ, онъ находится въ полной зависимости отъ большаго или меньшаго числа подробностей на снимаемомъ участкѣ. *На кроки должны быть обозначены всѣ снятые контуры*, причемъ избѣгаютъ излишнихъ подробностей, напр., при съемкѣ проселочной дороги пикеты достаточно брать на срединѣ ея. *На каждой страницѣ кроки должны помѣстить одну или нѣсколько станцій со всѣми снятыми съ нихъ контурами, но нельзя размѣщать часть контура на одной страницѣ, а другую часть на слѣдующей*. На каждой страницѣ нужно обозначить послѣднюю станцію предыдущей страницы и тѣ изъ пикетовъ, вблизи которыхъ проведены горизонтали, продолжающіяся на слѣдующей страницѣ. *Если съ базисной линіи виденъ одинъ какой-нибудь фасъ сооруженія на мѣстности и нужно будетъ изобразить его на планѣ, то остальные стороны сооруженія должны быть сняты начальникомъ партіи при помощи имѣющейся у него карманной буссоли и рулетки или шагами, и всѣ сдѣланныя измѣренія должно записать на кроки*²⁾.

¹⁾ Фр. слово *croquis*—очеркъ, эскизъ.

²⁾ Образецъ такого кроки изучающіе могутъ видѣть на страницѣ 108.

§ 47. Порядокъ наблюденій инструментовъ для опредѣленія относительнаго положенія станцій и пикетовъ слѣдующій: прийдя съ тахеометромъ на начальную станцію (0), устанавливаютъ его на ней надлежащимъ образомъ, т.-е. 1) центрируютъ и приводятъ въ горизонтальное положеніе, затѣмъ 2) измѣряютъ высоту инструмента и 3) ориентируютъ лимбъ, т.-е. смотря въ окуляръ буссоли, вращаютъ лимбъ грубымъ и микрометреннымъ движеніемъ настолько, чтобы сѣверный конецъ стрѣлки остановился на среднемъ штрихѣ шкалы объектива буссоли; далѣе 4) опредѣляютъ мѣсто нуля вертикальнаго круга, дѣлая наведенія трубы на хорошо видимый предметъ, напр., яблоко подъ крестомъ колокольни, при К. Пр. и Кр. Л. 5) вращаютъ алидаду до наведенія трубы на слѣдующую станцію (I), на которой предварительно по указанію начальника партіи выставлена рейка (иногда съ мѣткою высоты инструмента) и наводятъ нижнюю дальномѣрную нить на нулевой (или иной, подписанный цифрою) штрихъ рейки; послѣ этого дѣлаютъ на рейкѣ по верхней и средней нити отсчеты (разстоянія), 6) отсчеты на вертикальномъ и 7) горизонтальномъ кругахъ, 8) переводятъ трубу черезъ зенитъ, вновь наводятъ нижнюю нить сѣтки на тотъ же штрихъ рейки и вторично дѣлаютъ отсчеты на кругахъ.

На станціи I инструментъ центрируютъ, приводятъ въ горизонтальное положеніе и ориентируютъ лимбъ по буссоли; ослабляютъ нажимательный винтъ алидады и трубы, визировавшимъ на предыдущую станцію (0) опредѣляютъ обратный азимутъ линіи 0, I, дѣлаютъ отсчеты на рейкѣ, стоящей на станціи 0, и отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругу. Послѣ этого визируютъ и дѣлаютъ отсчеты на станцію II, на которой начальникъ партіи уже поставилъ реечника. Далѣе дѣлаются направленія на рейки, выставляемые на пикетахъ кругомъ станціи I по указанію начальника партіи. Вычислитель въ промежуткѣ времени между занесеніями чиселъ въ журналъ сличаетъ азимуты направленій, I, 0 и 0, I и по новымъ даннымъ опредѣляетъ опять для линіи I, 0 горизонтальное разстояніе и относительную высоту, которая и сравниваетъ съ соответственными величинами, полученными на станціи 0.

Если разность азимутовъ направленій 0, I и I, 0 отличается отъ 180° или $200g$ менѣе чѣмъ на $\frac{1^\circ}{2}$ или $0,50g$, то она можетъ быть допущена. Разница же большая допускается только тогда, когда она происходитъ отъ дѣйствія на стрѣлку какой-нибудь возмущающей причины, иначе она указываетъ на существованіе грубой ошибки или въ ориентировкѣ инструмента, или въ отсчетѣ на горизонтальномъ лимбѣ.

Точно также берутся разницы и въ горизонтальномъ разстояніи и въ относительной высотѣ; которая ни въ какомъ случаѣ не допускаются болѣе 1 саж. для разстояній и $dh = D \cdot \alpha'' \sin 1''$ для высотъ.

Въ случаѣ недопускаемыхъ разницъ, провѣривъ на станціи I отсчеты при направленіи на станцію 0 и, окончивъ на ней (I) всѣ наблюденія, возвращаются на станцію 0 и провѣряютъ отсчеты при направленіи трубы на станцію I. Указаннымъ путемъ продолжаютъ работу на II, III, IV и т. д. станціяхъ.

§ 48. Составленіе плана. Такъ какъ при составленіи плана ось тахеометрическаго хода или *базисная линія* большею частию *наносится по координатамъ*, то ихъ необходимо предварительно вычислить по разстояніямъ между станціями и азимутамъ сторонъ. По читаннымъ (измѣреннымъ) разстояніямъ и угламъ наклона x вычисляютъ горизонтальныя проложенія $d = kl \cdot \cos^2 x$. Читанные по лимбу азимуты замѣняютъ *исправленными азимутами* $a_n = a_{n-1} + 180 - B$. B = разности читанныхъ азимутовъ назадъ и впередъ. Исправленіе необходимо потому, что азимуты получены на мѣстности приближенно, при ориентированіи лимба по буссоли. По совершеніи этого исправленія надо приступить къ вычисленію приращеній координатъ по формуламъ.

$$\Delta x = d \cdot \cos \alpha$$

$$\Delta y = d \cdot \sin \alpha.$$

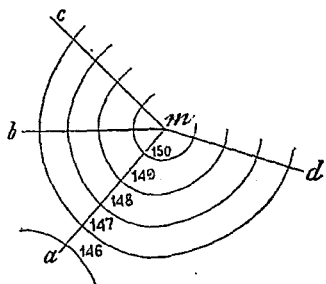
и самыхъ координатъ. Всѣ эти предварительныя вычисленія составляютъ то, что называется приготовленіемъ журнала для накладки.

§ 49. Назначеніе горизонталей на планѣ по даннымъ альтитудамъ точекъ земной поверхности производится слѣдующимъ образомъ. Положимъ, что имѣемъ альтитууду станціи m и альтитуды пикетовъ (эти альтитуды вычисляются по формуламъ, даннымъ въ § 41 и 42) и положимъ, что горизонталы получаются сѣченіемъ земной поверхности плоскостями, отстоящими на вертикальномъ разстояніи одной сажени другъ отъ друга. Пусть альтитуды станціи m и пикетовъ a, b, c, d выражаются числами:

m	150,6	сажен.
a	145,4	"
b	136,8	"
c	144,6	"
d	134,4	"

Эти числа нужно понимать такъ: точка m лежитъ выше 150-й горизонтали на 0,6 отвѣснаго разстоянія между

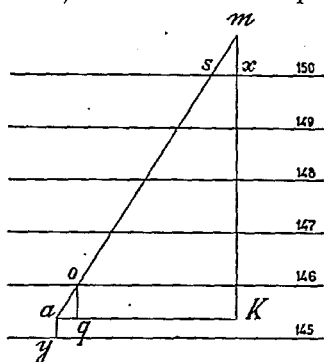
горизонталями, точка a лежитъ выше 145-й горизонтали на 0,4 того же отвѣснаго разстоянія между горизонталями и т. д.



Черт. 82.

Предлагаемый чертежъ 82 представляетъ собою относительное расположеніе точекъ на планѣ, которыхъ альтитуды въ горизонталяхъ были даны выше. Для того, чтобы на планѣ назначить точки пересѣченій горизонталями направлений ma , mb , mc и md , рассмотримъ одно изъ этихъ направлений, напр. ma , и построимъ по отмѣткамъ

его концовъ m и a профиль по линіи ma . На профилѣ (черт. 83) пусть mK выражаетъ разность уровней между точками m и a , т. е. разность отмѣтокъ точекъ a и m ; а aK — горизонтальное проложеніе линіи ma мѣстности¹⁾. Профиль построенъ на разлинованной бумагѣ, на которой горизонтальныя линіи, обозначенныя чрезъ 150, 149, ... 145, выражаютъ слѣды



Черт. 83.

(въ вертикальной плоскости) горизонтальныхъ плоскостей сѣченій земной поверхности параллельно уровню воды (или условному горизонту); причемъ mx есть высота точки m надъ 150-ю горизонталью, т. е. 0,6; а ay высота точки a надъ 145-ю горизонталью, т. е. 0,4. Масштабъ для вертикальныхъ разстояній — произвольный, а для горизонтальныхъ — одинаковый съ масштабомъ плана. Опредѣлимъ теперь разстояние 150-й горизонтали на планѣ отъ точки m , т. е. опредѣлимъ длину линіи sx , а также разстояние aq или

мѣсто 146-й горизонтали отъ точки a .

Нахожденіе разстояній sx и aq чертежа 83-го дѣлается; во избѣжаніе вычисленій, обыкновенно *графически*. Для этого употребляется графленая бумага (съ заранѣе начерченными *равноотстоящими другъ отъ друга* параллельными линіями, напр., профильная) и на ней по даннымъ aK и mK строится чертежъ 83-й), съ котораго *механически* и переносятся (проектируются) затѣмъ на планъ мѣста горизонталей. Для чего достаточно къ линіи ma плана приложить линію Ka профиля (совмѣщая точку K профиля съ точкою m плана и точку a профиля съ точкою a плана) и провести параллели черезъ точки o и s къ линіи mK , до встрѣчи съ ли-

¹⁾ Очевидно, что aK на чертежѣ 83 равна длинѣ ma на чертежѣ 82.

нією *та* плана ¹⁾. Нахожденіе длины *sx* и *aq* можно сдѣлать и путемъ вычисленій, въ числахъ; изъ подобія треугольниковъ *srx* и *amK* имѣемъ:

$$\frac{sx}{mK} = \frac{mx}{aK} \quad \text{откуда } sx = \frac{aK \cdot mx}{mK},$$

здѣсь *mx* есть высота точки *m* надъ 150-ю горизонталью и равна 0,6; *aK* — горизонтальное проложеніе разстоянія между точками *m* и *a*, которое берется съ плана, пусть оно = 50 саж., *mK* — разность урвненій между тѣми же точками и равно 150,6 — 145,4 = 5,2. Подставляя эти числа въ послѣднее равенство, получимъ:

$$sx = 5,8 \text{ саж.}$$

Откладываемъ *на планѣ* (черт. 82) отъ точки *m* по линіи *та* величину 5,8 получимъ мѣсто 150-й горизонтали; назначимъ теперь мѣсто 146 горизонтали, а для этого снова обращаемся къ предыдущему 83 чертежу и изъ подобныхъ треугольниковъ *aoq* и *amK* пишемъ:

$$aq : aK = oq : mK, \text{ откуда } aq = \frac{aK \cdot oq}{mK}.$$

Здѣсь *aK* = 50 с., *mK* = 5,2, а *oq* — есть дополненіе высоты пикета *a* до 146-й горизонтали и равно 0,6. Подставляя эти величины въ послѣднее равенство, получаемъ *aq* = 5,8 с. и откладываемъ эту длину *на планѣ* отъ точки *a* по *am* (черт. 336), получаемъ мѣсто 146 горизонтали.

Принимая во вниманіе, что уголъ наклоненія линіи *та* постояненъ, для полученія на планѣ по линіи *та* промежуточныхъ горизонталей 149, 148, 147 нужно разстояніе между 150 и 146 горизонталями раздѣлить на 4 равныя части. Точно также назначимъ мѣсто горизонталей по направленію линіи *tb*, *tc*, *td* (черт. 82). Соединивъ послѣдовательно на планѣ прямыми линіями мѣста, означенныя одинаковыми нумерами горизонталей на линіяхъ *та*, *tb*, *tc* и *td*, получимъ на планѣ изображеніе горизонталями возвышенности около точки *m*. Разумѣется горизонтали въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ онѣ пересѣкаютъ данное на планѣ направленіе, немного округляются отъ руки.

§ 50. Приспособленія для вычисленія превышеній точекъ мѣстности. Изъ предыдущаго § слѣдуетъ, что для выраженія на планѣ неровностей мѣстности горизонталями — необходимо, предварительно передъ проведеніемъ горизонталей, опредѣлить отмѣтки основныхъ точекъ, станцій и пикетовъ.

¹⁾ Вообще, чтобы *на планѣ* на линіи *та* найти слѣдъ (мѣсто), напр., 149-й горизонтали достаточно черезъ концы *m* и *a* этой линіи на планѣ провести двѣ параллели, — одну *вверхъ* отъ *m* и другую — *внизъ* отъ *a*, на первой отложить (150,6 — 149) = 1,6, а на второй — (149 — 145,4) = 3,6 и концы перпендикуляровъ (параллелей) соединить, тамъ гдѣ эта линія соединенія пересѣчетъ линію *та* плана, тамъ и будетъ мѣсто 149-й горизонтали. См. также замѣчаніе на стр. 71 о проведеніи горизонталей.

Вычисленіе альтитудъ (отмѣтокъ) производится по указаннымъ выше формуламъ. Къ этому еще прибавимъ, что вычисленіе по формуламъ должно производиться непременно или вечеромъ того дня, когда сдѣланы наблюденія, или тотчасъ же въ полѣ послѣ наблюденій, ибо самое *проведеніе на планъ горизонталей* (во избѣжаніе неправильнаго соединенія точекъ, имѣющихъ одинаковыя альтитуды) *должно быть произведено, сообразаясь съ кроки или, еще лучше, въ полѣ на самой мѣстности.*

Въ формулы, по которымъ производятся вычисленія альтитудъ, входитъ членъ $Dtg\alpha$; вычисленіе его для основныхъ точекъ производится или по четырехзначнымъ логарифмамъ, или по *таблицѣ высотъ*; но такъ какъ логарифмическое вычисленіе для большого числа пикетовъ (не требующихъ той же точности, что и основныя точки) *неудобно* по своей продолжительности, то на практикѣ избѣгаютъ вычисленія члена $Dtg\alpha$ по логарифмамъ и для этой цѣли употребляютъ, или особую діаграмму, называемую масштабомъ горизонталей, а также *масштабомъ высотъ*, или *логарифмическую линейку*, или наконецъ просто для угловъ наклона до 3° допускаютъ, что $D \cdot tg\alpha' = D \cdot \sin\alpha = D \cdot \alpha \cdot \sin 1' = D \cdot \alpha \cdot \frac{1}{3438}$. Напр., при $D = 17,2$ саж. и $\alpha = 1^\circ 2'$, находятъ, *простымъ умноженіемъ*, искомое $u = D \cdot tg\alpha$ въ видѣ $17,2 \times 62 \times \frac{1}{3438} = 0,31$ саж.

Таблица высотъ вычисляется обыкновенно по логарифмамъ для разстояній отъ 100 до 900 саж. и для угловъ наклона отъ $0^\circ 1'$ до $0^\circ 10'$ черезъ каждую минуту, а отъ $0^\circ 10'$ до 10° черезъ каждыя десять минутъ. Для разстояній и угловъ, непомѣщенныхъ въ таблицѣ, величина u находится простымъ интерполированіемъ, полагая измѣненіе u пропорціональнымъ измѣненіямъ D и α . Такъ для $D = 417$ саж. и угла $\alpha = 5^\circ 16',5$ находятъ u по частямъ, а именно, при-мѣняясь къ таблицѣ, послѣдовательно отыскиваютъ:

u для	400 саж.	и	$\alpha = 5^\circ 10'$,	оно будетъ:	36,17
" "	10 "	" "	$\alpha = 5^\circ 10'$	" "	0,904 ¹⁾
" "	7 "	" "	$\alpha = 5^\circ 10'$	" "	0,633 ²⁾
" "	400 "	" "	$\alpha = 0^\circ 6'$	" "	0,70
" "	10 "	" "	$\alpha = 0^\circ 6'$	" "	0,017
" "	7 "	" "	$\alpha = 0^\circ 6'$	" "	0,012
" "	400 "	" "	$\alpha = 0^\circ 0,5'$	" "	0,06
" "	10 "	" "	$\alpha = 0^\circ 0,5'$	" "	0,002
Сумма					38,498
					или 38,50

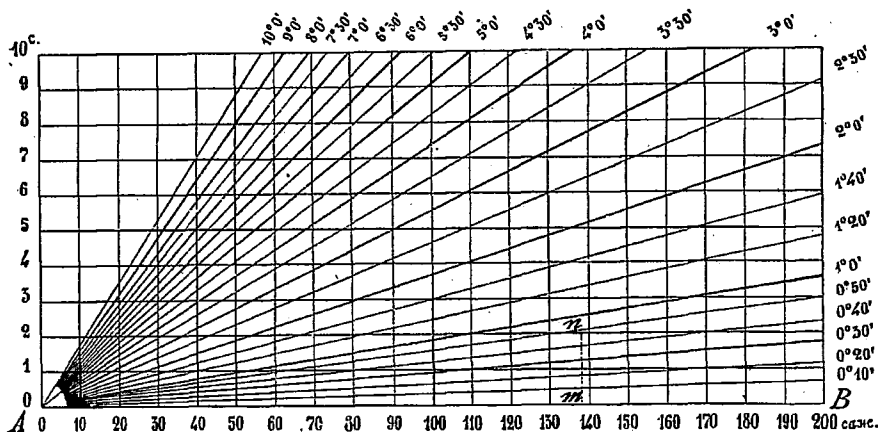
¹⁾ Уменьшая табличное u въ 10 разъ.

²⁾ " " " въ 100 разъ.

ТАБЛИЦА ВЫСОТЪ ¹⁾.

Разстоянія въ саж.	100	200	300	400	500	600	700	800	900
Углы наклоненія.	Высоты въ саженьяхъ.								
0° 1'	0,03	—	—	0,12	—	—	0,20	—	—
2	0,06	—	—	0,23	—	—	0,41	—	—
3	0,09	—	—	0,35	—	—	0,61	—	—
4	0,12	—	—	0,47	—	—	0,81	—	—
0° 5'	0,15	—	—	0,58	—	—	1,02	—	—
6	0,17	—	—	0,70	—	—	1,22	—	—
5° 0'	8,74	17,50	26,25	35,00	43,74	52,49	61,24	69,99	73,74
10	9,04	18,09	27,13	36,17	46,21	54,26	63,29	72,33	81,37

Таблица высотъ можетъ быть рекомендована только ради контроля вычисленныхъ логариѳмически величинъ *и*, такъ какъ по таблицѣ высотъ, какъ мы сейчасъ видѣли, вычисленіе величины *и* довольно продолжительно и неособенно точно. Для пикетовъ превышеніе *и* достаточно знать точно до десятыхъ долей сажени, для чего вполне можетъ служить масштабъ высотъ или еще лучше логариѳмическая линейка, напр., системы швейцарскаго профессора Вильда, изготовляемая механикомъ Керномъ въ Аагау (въ Швейцаріи).



Черт. 84.

Масштабъ высотъ ²⁾ строится слѣдующимъ образомъ: возьмемъ линію *AB* длиною въ *n* какихъ-нибудь единицъ, напр., дюймовъ (черт. 84); въ концѣ каждаго дюйма возста-

¹⁾ Помѣщаемъ ту часть таблицы, которая нужна для примѣра.

²⁾ Верхушка чертежа срезана линіей, параллельной основанію *AB*.

вимъ перпендикуляры; на проведенномъ въ концѣ n -го дюйма перпендикулярѣ отложимъ величины, вычисленныя по формулѣ $u = D \operatorname{tg} \alpha$, для $D = 10$ дюймовъ и α послѣдовательно $= 1^\circ, 2^\circ, 3^\circ$ и т. д. Для большаго удобства употребленія масштаба и для большей точности, на послѣднемъ перпендикулярѣ откладываютъ выраженія $D \operatorname{tg} \alpha$, увеличенныя въ 5, 10 и т. д. разъ; такъ, если будемъ увеличивать u въ 5 разъ, то откладываются выраженія $5 \cdot 10 \operatorname{tg} 1^\circ; 5 \cdot 10 \operatorname{tg} 2^\circ; 5 \cdot 10 \operatorname{tg} 3^\circ$; если u будемъ увеличивать въ 10 разъ, то— $10 \cdot 10 \operatorname{tg} 1^\circ; 10 \cdot 10 \operatorname{tg} 2^\circ; 10 \cdot 10 \operatorname{tg} 3^\circ$ На чертежѣ 84 они увеличены въ 10 разъ. На масштабѣ точки отложенія высотъ подписываются при послѣднемъ перпендикулярѣ, соотвѣтственно числами $1^\circ, 2^\circ, 3^\circ$... Промежутки между 0 и 1, и 1 и 2 градусами дѣлятъ на 6 частей, вслѣдствіе чего каждая часть будетъ соотвѣтствовать $10'$, а между 2° и $3^\circ, 3^\circ$ и 4° промежутки дѣлятся пополамъ, такъ что каждая часть соотвѣтствуетъ $\frac{10}{2}'$. Соотвѣтственно масштабу плана

по линіи AB подписываются горизонтальныя разстоянія. На лѣвомъ перпендикулярѣ откладываются вертикальныя разстоянія, также увеличенныя, при томъ въ то же число разъ, что $D \operatorname{tg} \alpha$, т. е., вмѣсто 1, 2, 3... единицъ, берутъ 10, 20, 30....., и черезъ точки отложенія, отстоящія на равномъ разстояніи другъ отъ друга, къ основанію AB масштаба проводятся параллели. Чтобы по такому масштабу получить $D \operatorname{tg} \alpha$, при $D = 137$ с. и $\alpha = 0^\circ 50'$, находятъ на линіи AB , въ разстояніи 137 саж. отъ нулевой точки A , точку m , поднимаются по перпендикуляру и помѣщаютъ остріе карандаша на линію, соотвѣтствующую $0^\circ 50'$, въ точку n ; тогда mn даетъ $D \operatorname{tg} \alpha$, увеличенное въ 5, 10 и т. д. разъ (смотря по тому, во сколько разъ увеличены u при построеніи масштаба); во избѣжаніи дѣленія построенныя высоты подписываются уже уменьшенными. Подпись высотъ располагается слѣва у масштаба, при параллеляхъ основанію AB ¹⁾.

Во избѣжаніе вычисленій выраженія $d = a \cdot \cos^2 \alpha$ возможно построить для него также діаграмму, сходную съ масштабомъ высотъ: стоитъ только положить

$$\cos^2 \alpha = \cos x,$$

тогда и выраженіе для d приметъ видъ:

$$d = a \cdot \cos^2 \alpha = a \cdot \cos x.$$

Давая x значенія, равныя $0^\circ, 1^\circ, 2^\circ$ можно изъ точки A (черт. 84) провести соотвѣтственные наклонныя къ AB лучи и, беря каждый разъ въ растворъ циркуля наклонное

¹⁾ Рекомендуется изучающимъ вычертить указанную діаграмму въ масштабѣ въ 10 разъ крупнѣе приведеннаго на чертежѣ 84.

(прочитанное по рейкѣ) разстояніе, *откладывать его отъ точки А по наклонному лучу съ подписью, соответствующей читанному углу наклона α* (ибо на діаграммѣ, вмѣсто угловъ x , — подписаны углы α), а затѣмъ, освобождая ножку циркуля, стоящую въ *А*, проводить этой ножкой дугу круга, касательную къ вертикали, проходящей черезъ *А*, тогда рас- творъ циркуля и будетъ давать горизонтальное проложе- ніе наклоннаго разстоянія, читаннаго по рейкѣ, или, что то же самое, отложивъ наклонное разстояніе *Ап* спуститься по вертикали идущей черезъ конецъ *n* до встрѣчи ея съ *АВ* въ точкѣ *т*. Линія *Ат* — будетъ искомымъ горизон- тальнымъ проложеніемъ. Самое построеніе діаграммы реко- мендуется дѣлать, пользуясь величинами $\operatorname{tg} x$, вычисленіе же угловъ x , соответствующихъ α , производить не по формулѣ $\cos^2 \alpha = \cos x$, а по уравненію

$$1 - \cos^2 \alpha = 1 - \cos x$$

или

$$2 \operatorname{Sin}^2 x/2 = \operatorname{Sin}^2 \alpha,$$

откуда

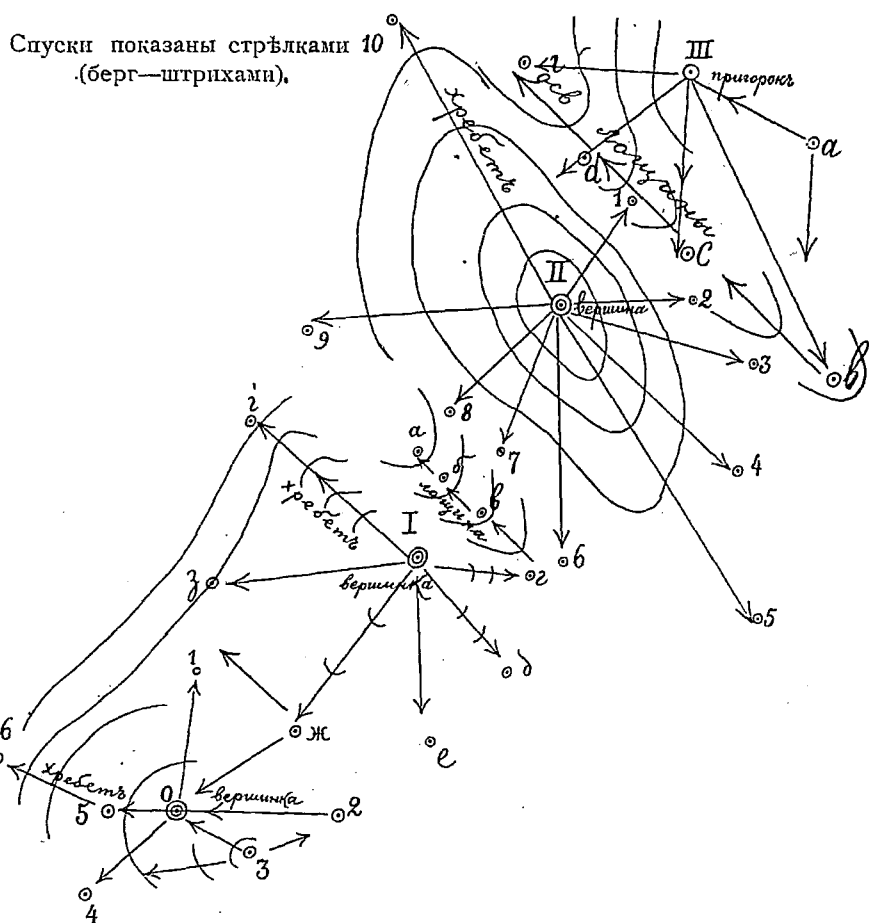
$$\operatorname{Sin} \frac{x}{2} = \frac{\operatorname{Sin} \alpha}{\sqrt{2}} \dots \dots \dots (x)$$

при $\alpha = 1^\circ$	$x = 1^\circ 25'$	$\operatorname{tg} x = 0,0247$	
2	2° 50	494	
3	4° 14	742	
4	5° 39	990	
5°	7° 04'	0,1240	
6	8° 29	0,1491	
			при $\alpha = 10^\circ$
			$x = 14^\circ 06'$
			$\operatorname{tg} x = 0,2513$
			
			15°
			21° 05
			0,3857
			20
			27° 59
			0,5315
			30
			41° 25
			0,8819

§ 51. Задачи, рѣшаемыя по плану съ горизонталями. По плану съ горизонталями можно рѣшать цѣлый рядъ задачъ; мы остановимъ наше вниманіе лишь на нѣкоторыхъ изъ нихъ, имѣющихъ значеніе преимущественно на практикѣ.

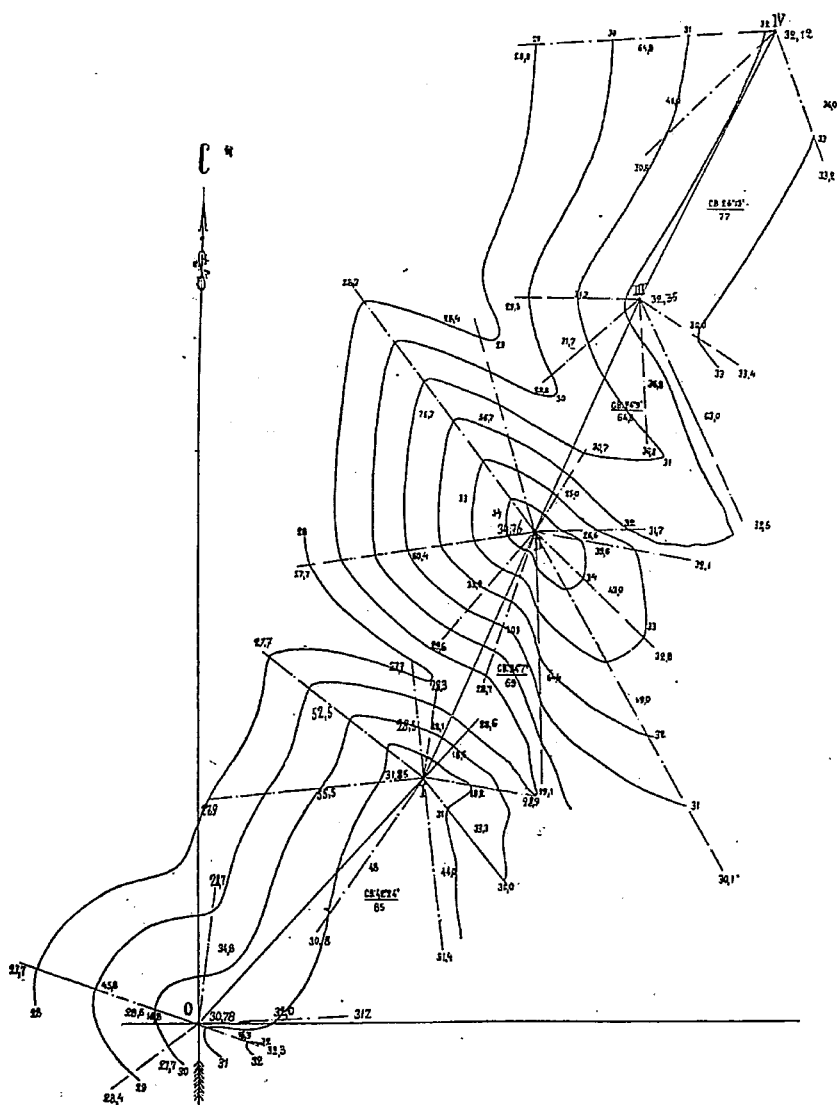
Задача 1-я. Опредѣлить уголъ наклона линіи мѣстности, заданной по плану двумя точками. При рѣшеніи этой задачи необходимо обратить вниманіе, какія именно горизонталы пересѣкаетъ заданная линія: такъ, если всѣ горизонталы *равно удалены* другъ отъ друга, т. е. каждая двѣ сосѣднія горизонталы отсѣкаютъ отъ прямой одинаковые промежутки, то заданная по плану прямая имѣетъ одинъ и тотъ же уголъ наклона на всемъ своемъ протяженіи, если же промежутки между горизонталями *не равны*, то заданная прямая можетъ быть разбита на нѣсколько отрѣзковъ, изъ которыхъ каждый имѣетъ свой уголъ наклоненія. Вслѣдствіе этого можно сказать, что задача о нахожденіи угла наклона данной линіи на планѣ сводится къ разсмотрѣнію рѣшенія того случая, когда обѣ заданныя точки

Полевой кроки.



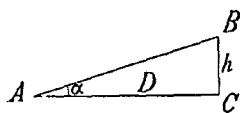
Черт. 84а.

Планъ тахеометрической съемки.



Масштабъ.
въ дюймѣ 20 саж.

Черт. 84b.



Черт. 85.

лежать на двухъ сосѣднихъ между собою горизонталяхъ. Прежде всего опредѣлимъ по масштабу плана длину D заданной по плану прямой AC (черт. 85), т. е. заложение наклонной прямой AB . Отвѣсное разстояніе $h=BC$ между горизонтальными сѣченіями (или иначе между горизонталями) должно быть или дано, или опредѣлено изъ надписей горизонталей по плану (см. напр. черт. 82). Изъ чертежа видно, что

$$\text{Cotg}\alpha = \frac{D}{h}.$$

Чтобы опредѣлить по этому котангенсу соотвѣтствующій ему уголъ, не прибѣгая къ логарифмическимъ таблицамъ, употребляютъ *масштабъ заложений* (или иначе *шкалу заложений*), — который обыкновенно строится на планѣ, на примѣръ, по таблицѣ заложений, соотвѣтственно избранному h . Если въ формулѣ $\text{Cotg}\alpha = \frac{D}{h}$ сдѣлаемъ $h=1$, а α равнымъ послѣдовательно:

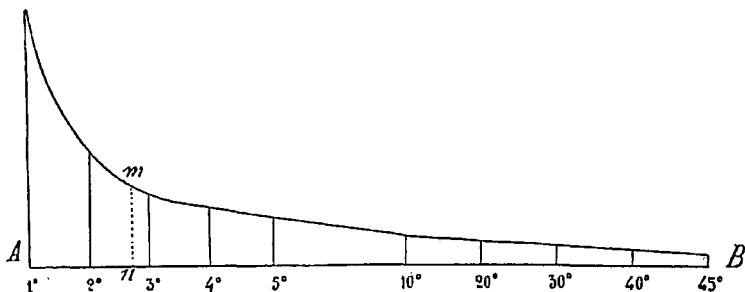
$1^\circ, 2^\circ, 3^\circ, 4^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ, 20^\circ, 25^\circ, 30^\circ, 35^\circ, 40^\circ$ и 45° , то вычисленіе даетъ слѣдующую таблицу заложений D :

Таблица заложений при $h = 1$ саж.													
Углы накл.	1°	2°	3°	4°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
Заложение D въ саж.	57,3	28,7	19,1	14,3	11,5	5,7	3,8	2,8	2,2	1,8	1,5	1,2	1,0

Такая таблица можетъ быть вычислена для различныхъ значеній h ; изъ нея можетъ быть получено какъ заложение D по данному углу α , такъ и наоборотъ: по данному заложению D легко отыщется искомый уголъ наклона α .

Масштабъ заложений или, иначе, *масштабъ крутостей* строится такъ: на прямой AB (черт. 86) откладываются произвольные, но равные между собою по длинѣ, промежутки, и изъ точекъ отложенія возставляютъ перпендикуляры, на нихъ въ *масштабъ плана* наносятъ вычисленные заложения D . Наконецъ, соединивъ концы перпендикуляровъ кривою и подписавъ у подошвъ ихъ числа градусовъ которымъ они соотвѣтствуютъ, получимъ требуемый мас-

штабъ заложений ¹⁾. Чтобы по такому масштабу опредѣлить въ произвольномъ мѣстѣ плана уголъ наклоненія, измѣряютъ циркулемъ по плану заложение D , узнаютъ отвѣсное разстояніе h и дѣлятъ D на h ; напр., при $h=1$ заложение $D=16,7$ саж.; тогда, взявъ по масштабу плана



Черт. 86.

16,7 саж., опредѣляютъ то мѣсто масштаба заложений, которое равно этому растворенію циркуля; пусть оно будетъ m . Такъ какъ m отстоитъ отъ заложения въ 2° примѣрно на $\frac{3}{4}$ всего разстоянія между заложениями для 2° и 3° , то искомый уголъ наклоненія покатости есть $2\frac{3}{4}^\circ$. Если D соотвѣтствуетъ не двумъ сосѣднимъ горизонталямъ, то разумѣется его необходимо дѣлить не на h , а на nh , гдѣ n число промежутковъ между равно отстоящими горизонталями, пришедшихся по длинѣ D .

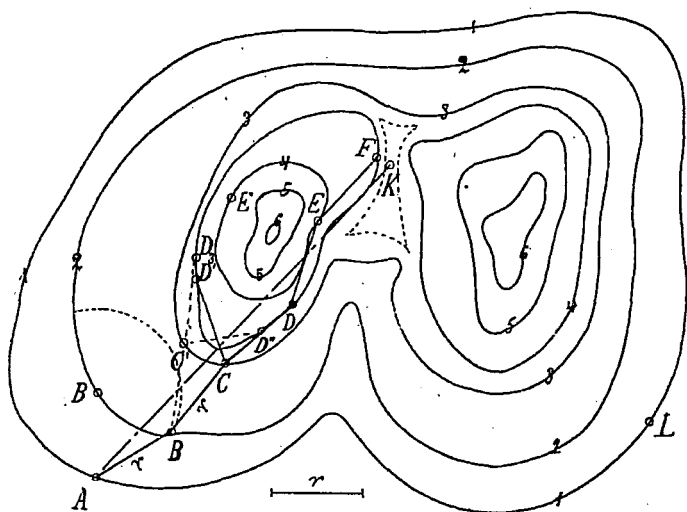
Такъ какъ масштабъ крутостей измѣняется съ измѣненіемъ h и съ измѣненіемъ масштаба плана, то для опредѣленія угла наклоненія по плану съ горизонталями необходимо, чтобы на каждомъ такомъ планѣ былъ начертанъ и масштабъ крутостей.

Задача 2-я. По плану съ горизонталями требуется вычертить профилъ мѣстности, т. е. ея разрѣзъ вертикальною плоскостью по направленію линіи $A'B'$ (черт. 87).

Цифрами 1, 2, 3....6 на чертежѣ обозначены номера горизонталей, образовавшихся отъ сѣченія мѣстности горизонтальными плоскостями, счетъ которыхъ начинается отъ низшей точки A' или B' . Пусть эти сѣкущія плоскости отстоятъ другъ отъ друга на отвѣсномъ разстояніи h , которое для рѣшенія задачи должно быть дано. Проведемъ на

¹⁾ Заложения можно было бы для угловъ, не превышающихъ 15° нанести просто вдоль прямой AB , но для большей наглядности ихъ откладываютъ на перпендикулярахъ. Если точность масштаба не велика, то концы этихъ перпендикуляровъ можно соединить вмѣсто кривой прямою, но то и другое будетъ равносильно допущенію пропорціональности измѣненія $\cot g$ измѣненію угла, и тогда промежутки на прямой AB можно брать произвольными и не равными между собою.

$tg = 0,008$, т.-е. $D = h: 0,008 = 125 \cdot h$ (см. также § 29), и, поставивъ одну его ножку въ точку A , описываемъ другою ножкою дугу, пересѣкающую слѣдующую, вторую горизонталь въ двухъ точкахъ B' и B . Направленіе по линіи AB *выгоднѣе*, чѣмъ по AB' , ибо AB ближе подходитъ къ прямой линіи AK , соединяющей A съ K . Далѣе изъ точки B засѣкаютъ третью горизонталь тѣмъ же радиусомъ r равнымъ заложенію D въ C' и C , выбравъ точку C , лежащую нѣсколько ближе къ K , получаютъ дальнѣйшее направленіе линіи заданнаго уклона. Подобнымъ же образомъ изъ точекъ C (или C') можно засѣчь четвертую горизонталь въ



Черт. 88.

точкахъ D и D' (или D'' и D_3), и за окончательное направленіе взять CD . Наконецъ, послѣднее колѣно заданной линіи будетъ EF .

Очевидно, что рѣшеніе задачи не всегда возможно; такъ, если бы за первое колѣно требуемой линіи приняли не $AB = r$, а AB' , то изъ B' (на чертежѣ точка B' лежитъ лѣвѣе точки B) нельзя было бы засѣчь третью горизонталь радиусомъ $r = D$, ибо r , равное D , меньше *кратчайшаго* разстоянія по плану между двумя сосѣдними горизонталями (считаемаго по нормали къ нимъ въ точкѣ B'). Задача также была бы невозможна, если бы r оказался болѣе наибольшаго отръза между горизонталями. Если бы заданная линія была осью дороги, то разумѣется дорогу желательнѣе имѣть всегда съ меньшимъ числомъ поворотовъ и съ возможно меньшимъ уклономъ, не превышающимъ *предѣльнаго*, (не упуская, однако, изъ вида, что линія должна быть кратчайшею), а потому 1-й случай является болѣе благо-

пріятнымъ, чѣмъ второй, ибо тогда неизбежны выемки ¹⁾. При проектированіи дороги отрѣзки между горизонталями *не* должны быть менѣе вычисленнаго заложенія *D*.

Надо указать, между прочимъ, и на то, что при проложеніи дороги на мѣстности нужно въ нѣкоторыхъ мѣстахъ ея сдѣлать достаточно длинныя горизонтальныя площадки, служащія для отдыха. Предварительно эти площадки назначаются на планѣ.

Задача 4-я. По данному плану съ горизонталями (черт. 89) определить площадь бассейна водотека (тальвега) MON для точки N пересѣченія его линією ANB даннаго направленія.

Бассейномъ рѣки, ручья или оврага для данной ихъ точки или иначе *водосборною площадью* принято называть ту площадь, съ которой *вода*, образующаяся отъ атмосферныхъ осадковъ (дождя, снѣга, таянія льда), или вообще верхняя вода, согласно условіямъ рельефа (по расположенію скатовъ) должна *вся скатиться* въ избранную рѣчку, балку или оврагъ (водотекъ), притомъ *выше* (по теченію) *даннаго мѣста N ихъ пересѣченія* указанной линією *ANB* и затѣмъ *пройти* черезъ это мѣсто пересѣченія.

При опредѣленіи площади бассейна долины *MON* мы прежде всего обращаемъ наше вниманіе на повышенныя точки, окружающія заданный тальвегъ, а именно вершины *s* (565,1), *x* (529,6) и *w* (507,5) и сѣдловины *и* (503,5) и 505,0 (между *x* и *w*). Отъ этихъ повышенныхъ точекъ по направленію къ оси *MON* образуются скаты, являющіеся щемами интересующей насъ долины. Границею щекъ, несущихъ воду въ долину, служитъ *водораздѣльная* линія или хребтовая линія. Избравъ вершину *s* за исходную точку границы бассейна, мы приводимъ хребтовые линіи *sr*, *rq*, *qp* съ западной части и *st* и *tu* — съ сѣвера. Отъ сѣдловины *и* поднимаемся до вершины *x* — на юго-востокъ и съ нея спускаемся къ сѣдловинѣ 505,0 на юго-востокъ. Отсюда поднимаемся къ вершинѣ *w* (507,5); и къ югу отъ нея спускаемся по хребту *wz* до линіи *AB*. Площадь *pqrstuvwxzNp* можно принять за искомую водосборную площадь.

Правильность назначенія бассейновъ по картѣ зависитъ главнымъ образомъ отъ умѣнья быстро читать неровности мѣстности по горизонталямъ ²⁾.

¹⁾ Въ видѣ упражненія предлагается изъ точки *K* спуститься въ точку *L* линією, наклоненною къ горизонту подъ угломъ 45° , а также начертить профиль спроектированной линіи *ABCDEF*.

²⁾ Въ видѣ упражненія, въ цѣляхъ ознакомленія съ видомъ рельефа границъ водосборной площади, рекомендуется вычертить карандашомъ на клѣтчатой бумагѣ профили линій *NpqrstuvwxzN* и *tMON*.



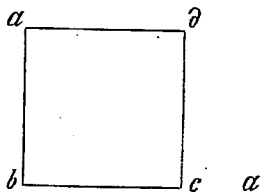
Г Л А В А II.

Мензультная съемка.

§ 52. Предварительныя понятія. Въ предшествующихъ трехъ главахъ мы разсмотрѣли горизонтальную и вертикальную съемку, какъ методъ, въ основу котораго положено собираніе *цифровыхъ данныхъ* для линейныхъ и градусныхъ величинъ, а именно: длинъ линій, угловъ наклоненій, угловъ поворотовъ, азимутовъ, а также и для отмѣтокъ точекъ земной поверхности. Какъ неизбежное слѣдствіе такого приѣма являлась необходимость въ *обработкѣ собраннаго матеріала*, и только послѣ ряда вычисленій являлась возможность построения изображенія снятой мѣстности въ видѣ плана или профиля. Преимуществомъ такого способа съемки являлась возможность построения изображенія *въ любомъ масштабѣ* и въ возможности возстановленія границъ ранѣе существовавшаго (во время съемки) контура. Но рядомъ съ этимъ способомъ существуетъ и другой приѣмъ съемки — графическій, устраняющій исключительное собираніе цифровыхъ данныхъ и дающій возможность по отношенію къ горизонтальной съемкѣ *избѣжать домашнихъ работъ въ видѣ вычисленій и накладокъ плана*. Главная особенность такой съемки состоитъ въ томъ, что горизонтальныя проекціи угловъ и линій, связанныхъ этими углами, получаютъ *графически*, путемъ вычерчиванія и вырисовки контуровъ по правиламъ построения на бумагѣ фигуръ, подобныхъ даннымъ, однако безъ употребленія транспорта при нанесеніи угловъ на бумагу, т. е. планъ снимаемой мѣстности вычерчивается въ полѣ, *попутно, во время самой съемки*, и является непосредственнымъ слѣдствіемъ полевыхъ дѣйствій. Очевидно, что этотъ способъ съемки обладаетъ наглядностію и требуетъ отъ съемщика аккуратности и вѣрности глаза при вырисовкѣ изгибовъ контуровъ. Онъ позволяетъ почти тотчасъ же замѣтить сдѣланные промахи, такъ какъ мѣстность постоянно передъ глазами. Въ немъ отсутствуетъ

требованіе отъ съемщика навыка въ вычисленіяхъ и въ обращеніи съ чертежными инструментами, равно какъ и наличности знаній у съемщика приѣмовъ, выработанныхъ теоріею и практикою въ составленіи плана и профиля по цифровымъ даннымъ; все это дѣлаетъ второй приѣмъ съемки повидимому болѣе простымъ и легкимъ. Существеннымъ недостаткомъ второго способа является то обстоятельство, что *подлинный планъ* можно составить *только одинъ разъ* въ томъ масштабѣ, который заранее выбранъ. Такая съемка называется, какъ уже сказано, *графическою* или *мензульною*.

Послѣднее названіе происходитъ отъ инструмента, на которомъ чертится планъ въ полѣ; онъ имѣетъ видъ стола и называется *мензулою*¹⁾. Необходимую составною частію мензулы является хорошо выструганная гладкая *планшетная* доска. Мензульной или планшетной доскѣ придаютъ видъ квадрата (черт. 90) и на ней укрѣпляютъ листъ чистой планной бумаги. Нерѣдко и планъ, полученный мензульной съемкой, называютъ *планшетомъ*. Чтобы на мензульной доскѣ получить въ полѣ фигуру, подобную горизонтальной проекціи данной фигуры на мѣстности, необходимо:



Черт. 90.

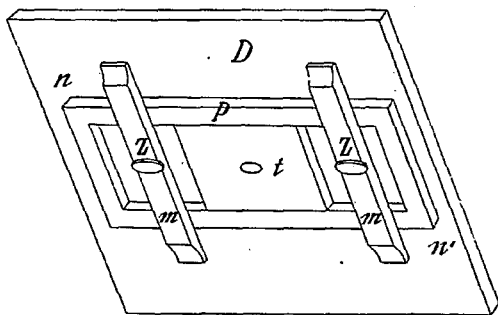
- 1) приводить планшетъ въ горизонтальное положеніе,
- 2) устанавливать данную точку на планшетѣ надъ соотвѣтствующей ей точкой мѣстности и обратно,
- 3) разсматривать прямую линію на планѣ какъ слѣдъ пересѣченія планшета съ вертикальной плоскостью, проходящею черезъ линію мѣстности,
- 4) имѣть при мензулѣ приборъ, позволяющій осуществлять вертикальную плоскость и умѣть совмѣщать эту плоскость съ линіею мѣстности,
- 5) умѣть отмѣчать линію пересѣченія планшета съ вертикальной плоскостью
- и 6) умѣть линію на планшетѣ ставить въ одну отвѣсную плоскость съ линіею мѣстности.

Совокупность послѣдовательнаго выполненія этихъ условій приведетъ насъ къ умѣнью поставить мензульную доску въ любомъ пунктѣ даннаго контура такъ, какъ будто планшетъ въ эту новую данную на мѣстности точку изъ начальной точки контура былъ передвинутъ въ горизонтальной плоскости *параллельно самому себѣ*. Приѣмъ установки планшета въ такое положеніе, при которомъ линіи плана становятся въ соотвѣтственно параллельное положеніе линіямъ мѣстности, называется *ориентированіемъ* планшета.

¹⁾ Названіе взято съ латинскаго языка: *mensa*—столъ, *mensula*—столикъ.

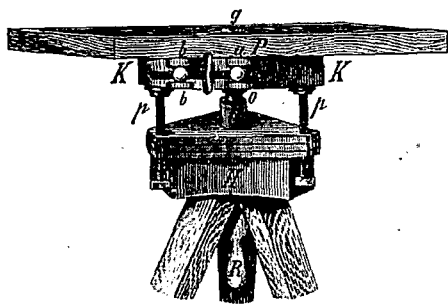
На умѣньи ориентировать планшетъ и основана графическая съемка.

§ 53. Устройство мензулы. Всякая мензула состоитъ изъ планшетной доски, подставки и штатива. По виду подставокъ мензулы сильно разнятся другъ отъ друга и часто по этимъ послѣднимъ носятъ свое названіе. Подставка связываетъ доску со штативомъ и предназначается какъ для болѣе быстрого и точнаго приведенія мензулы въ горизонтальное положеніе, такъ и для центрированія, т. е. для установки доски надъ данною точкою мѣстности. Существуетъ, напримѣръ, подставка въ видѣ втулки съ кругомъ; втулка надѣвается на шипъ (цапфу) штатива, а кругъ винтами снизу привертывается къ мензульной доскѣ,—это такъ называемая *малая блокъ-мензула*. Приведеніе ея доски въ горизонтальное положеніе дѣлается перестановкою ножекъ штатива. Иногда мюнхенскій штативъ мензулы съ круглою головою связываютъ съ планшетною доскою болѣе массивною подставкою, оканчивающеюся на верху шипомъ—цапфою, и тогда мензула называется „*большая блокъ-мензула*“. Распространенная въ Россіи мензула—мюнхенская, системы Рейссига, усовершенствованная нашимъ Военно-топографическимъ Отдѣломъ Главнаго Штаба¹⁾.



Черт. 91.

Верхняя доска (или планшетъ) у мюнхенской мензулы выклеена изъ сухого липоваго дерева со всѣми столярными предосторожностями такъ,

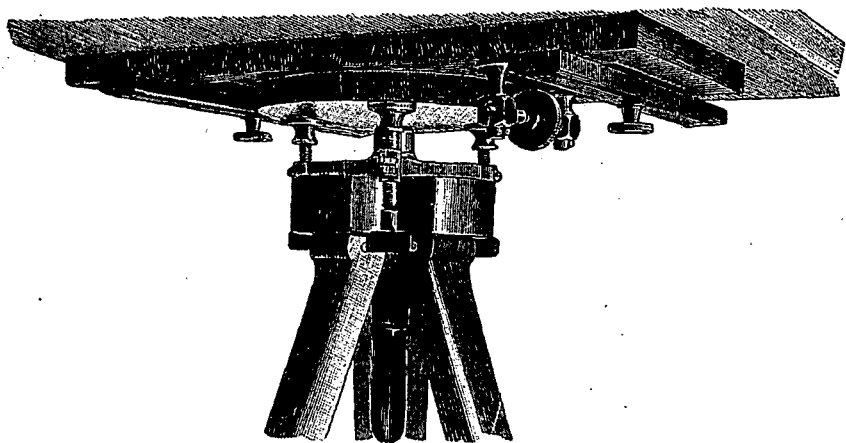


Черт. 92.

чтобы она отъ сырости не коробилась. Верхняя поверхность доски представляетъ плоскость. Съ обратной стороны въ доску *D* врѣзаны металлическія гнѣзда для винтовъ *z* двухъ планокъ *m* (черт. 91), которыми планшетъ соединяется съ рамою *nfw* подставки.

¹⁾ Мюнхенская мензула въ своемъ первоначальномъ видѣ имѣла существенные недостатки, которые въ послѣдствіи постепенно уничтожались въ механической мастерской нашего Главнаго Штаба подъ руководствомъ Рейссига, отчего она и стала извѣстна въ Россіи подъ именемъ мензулы Рейссига.

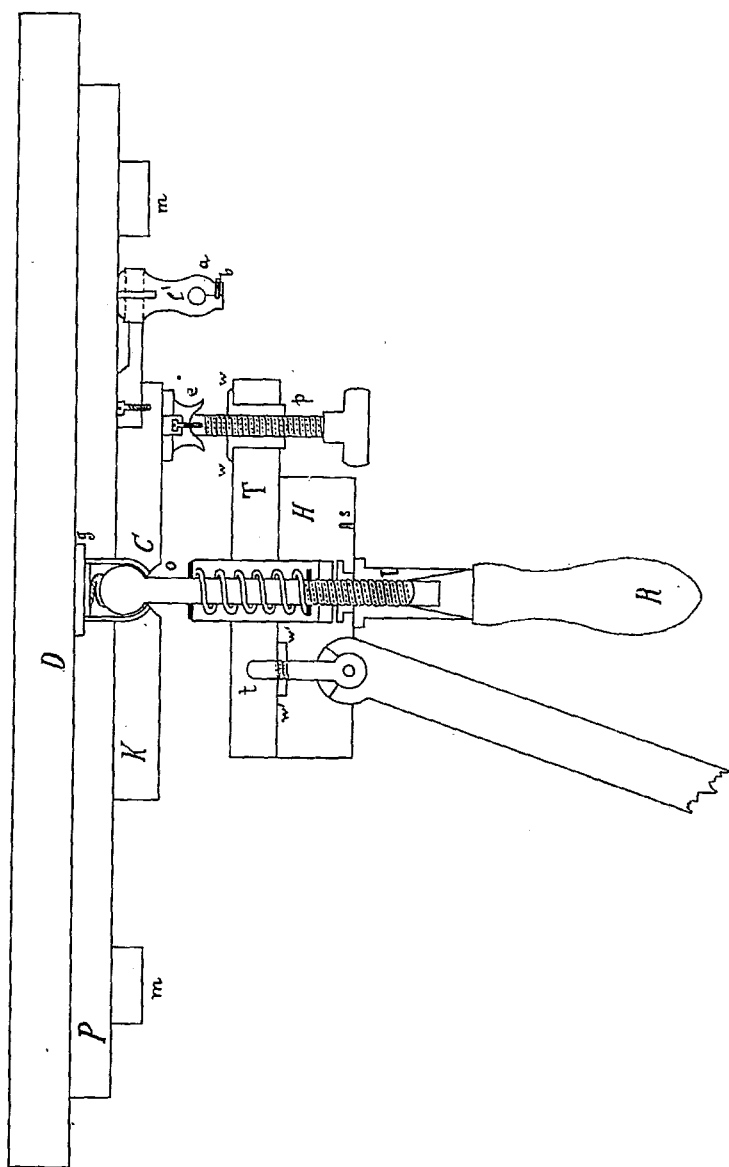
Мензула Военно-топографическаго Отдѣла Главнаго Штаба изображена въ перспективѣ на чертежахъ 92 и 93, а въ разрѣзѣ на чертежѣ 94. Подставка ея накладывается на голову *H* мюнхенскаго штатива и удерживается на ней отъ вращательнаго движенія тремя шипами. Сама подставка состоитъ изъ трехъ досокъ: 1) изъ доски *T*, имѣющей видъ равносторонняго треугольника съ округленными углами; чрезъ середину ея проходитъ металлическій цилиндръ *C*, а по краямъ три подъемныхъ винта *p*, 2) изъ накладываемой на подъемные винты круглой доски *K* и 3) изъ прямоугольной доски *P*, накладываемой на доску *K*. Винты *p* имѣютъ гнѣзда *w* въ доскѣ *T* и оканчиваются наверху шляпками *c*. На чертежѣ 93 доска *T* замѣнена тремя ме-



Черт. 93.

таллическими рукавами. Доска *K*, а вмѣстѣ съ ней и *P*, вращаются, скользя на верхнихъ концахъ подъемныхъ винтовъ *p* около вертикальной оси *o*; доски соединены между собою цилиндромъ съ тайкою *g* (черт. 94) при томъ такъ, что доска *P* можетъ еще сверхъ того самостоятельно поворачиваться на доскѣ *K*. Къ доскѣ *P* прикрѣплены клещи *a*, а къ кругу *K*—клещи *b* (черт. 92 и 95). Проходящимъ чрезъ эти клещи микрометреннымъ винтомъ съ двойной нарѣзкой *l*, и *l'* и грифомъ—шляпкою *M* (черт. 92, 93 и 94) собственно и можно сообщать медленное вращеніе доскѣ *P* на доскѣ *K*. Чрезъ середины досокъ *P*, *K* и цилиндръ *C* проходитъ становой винтъ, служащій вертикальною осью вращенія *O*; онъ представляетъ стержень, оканчивающійся наверху шарикомъ (яблокомъ), а внизу винтовой нарѣзкой, на которую навинчивается гайка *l* съ рукояткою *R* (черт. 94). Становой винтъ служитъ для

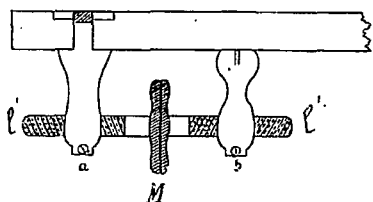
притягиванія на-крѣпко досокъ *P* и *K* къ верхней части *e* подъемныхъ винтовъ *p*, т. е. для прекращенія грубаго вращенія досокъ *P* и *K* около вертикальной оси. Шляпки *e*



Черт. 94.

устроены такъ, что могутъ наклоняться на концахъ подъемныхъ винтовъ, а чрезъ это доска *K* при всякомъ положеніи подъемныхъ винтовъ можетъ плотно къ нимъ прилегать.

Яблоко имѣетъ продольный прорѣзъ, въ который приходится горизонтальный шипъ верхняго цилиндра *C*. Въ цилиндрѣ помѣщается вокругъ становаго винта спиральная пружина сжимающаяся подѣйствию подъемныхъ винтовъ. Между гайкою *g* и яблокомъ становаго винта также имѣется небольшая спиральная пружина. На чертежѣ 95 отдѣльно показано устройство микрометричнаго винта *M*. Прямоугольная продолговатая доска *P* (черт. 94) иногда состоитъ изъ рамы *n* и *n'*, въ срединѣ которой закрѣпляется доска *t* (черт. 91). Этой то частію рама *P* собственно и кладется на кругъ *K*. На доску *P* накладывается планшетъ *D* и закрѣпляется при ней посредствомъ деревянныхъ планокъ *m* проходящими чрезъ нихъ винтами *z*¹⁾.



Черт. 95.

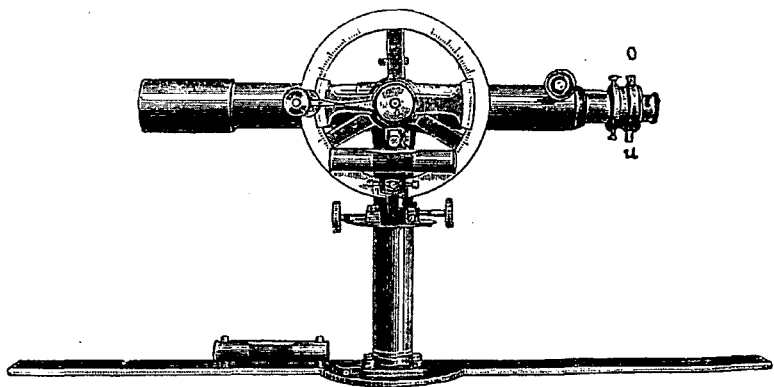
Вмѣсто деревянной подставки, состоящей изъ двухъ досокъ *T* и *K* (черт. 94), за послѣднее время стала встрѣчаться металлическая подставка; въ общемъ она напоминаетъ треножникъ теодолита на 3 подъемныхъ винтахъ привинчиваемый къ головѣ легкаго французскаго штатива становаго винтомъ съ свободной спиральной пружиной, подтягиваемой къ головѣ штатива навѣртывающейся на становой винтъ гайкою, служащей точкой опоры для спирали.

На вертикальной оси треножника помѣщается мѣдный кругъ, къ которому привертывается тремя винтами мензульный планшетъ. Верхній кругъ подставки (а вмѣстѣ съ тѣмъ и мензульная доска) имѣетъ нажимательный винтъ и микрометричный винтъ съ цилиндрической пружиной (контръ-спиралью); механикъ Герляхъ (согласно сдѣланнаго ему нами указанія) замѣняетъ этотъ микрометричный винтъ микрометричнымъ винтомъ съ двойной нарезкой и грифомъ по срединѣ (черт. 95), такъ какъ контръ-спираль, при значительной тяжести доски, легко сжимается и даетъ нежелательныя отклоненія ориентированному и установленному планшету. Благодаря солидности подставки и присутствія нажимательнаго винта мензула получаетъ большую устойчивость и не требуетъ при употребленіи постояннаго то отпуска, то закрѣпленія становаго винта.

§ 54. Построеніе на мензулѣ горизонтальнаго проложенія угла и необходимыя принадлежности мензулы. Если представимъ себѣ, что мензульная доска приведена въ горизонтальное поло-

1) Если доска *P* сплошная, то каждая скоба *m* имѣетъ по два винта *z*.

такъ: убѣдившись простымъ осмотромъ, что винты w' (черт. 94) у головы H мюнхенскаго штатива, винтики b (черт. 92) у клещей микрометричнаго винта, хорошо закрѣплены, приводятъ планшетную доску въ горизонтальное положеніе подъемными винтами съ помощью уровня (см. стр. 91) кладутъ на нее визирный снарядъ, напр., алидаду, и, закрѣпивъ становой винтъ, визируютъ черезъ діоптры на какую-нибудь точку мѣстности, проводя на планшетѣ карандашомъ черту вдоль ребра линейки этого снаряда; потомъ легкимъ нажимомъ пальца сбоку, на уголь доски, выводятъ ее немного изъ первоначальнаго положенія. Отстранивъ палецъ отъ доски и убѣдившись предварительно въ томъ, что ребро линейки визирнаго снаряда осталось у прочер-



Черт. 99.

ченной на планшетѣ линіи, смотрятъ, не двинулся ли волосокъ визирнаго снаряда съ той точки мѣстности, на которую было сдѣлано визированіе. Если нѣтъ, то условіе соблюдено. Если условіе проверено дважды—прикладываніемъ пальца съ обѣихъ сторонъ угла доски, то говорятъ, что мензула только *пружинитъ*, т. е. мензула достаточно устойчива; въ противномъ случаѣ надо обнаружить то мѣсто подставки или штатива, которое порождаетъ шатаніе, и въ случаѣ надобности поручить исправленіе механику.

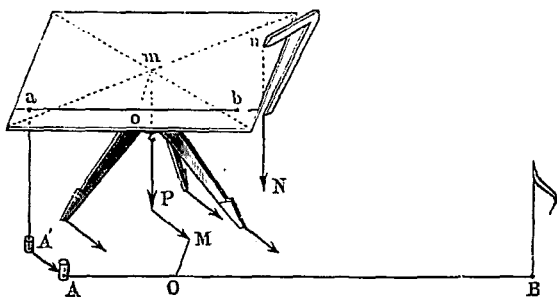
2) *Верхняя поверхность планшета должна быть плоскостью.* Это условіе проверяется такъ: прикладываютъ къ поверхности доски по различнымъ направленіямъ ребро вывѣренной линейки; если оно каждый разъ плотно, *безъ просвѣтовъ*, прилегаетъ къ доскѣ, то условіе выполнено. Исправленіе поручается опытному столяру или механику.

3) *Верхняя плоскость планшета должна быть перпендикулярна къ вертикальной его оси вращенія.* Доску приводятъ при помощи вывѣреннаго уровня въ горизонтальное положеніе, затѣмъ постепенно вращаютъ планшетъ около

его вертикальной оси и наблюдаютъ, — не сходятъ ли пузырь рекъ уровня съ мѣста. Если нѣтъ, то условіе выполнено; въ противномъ случаѣ исправленіе поручается механику.

§ 56. **Описаніе принадлежностей мензулы и ихъ повѣрки.**
I. *Уровень* служитъ, какъ извѣстно, для приведенія плоскости инструмента, въ настоящемъ случаѣ плоскости планшета, въ горизонтальное положеніе. При мензулѣ употребляется или круглый уровень, или одинъ цилиндрическій, или два цилиндрическихъ, сложенныхъ подъ прямымъ угломъ. Иногда уровень не составляетъ отдѣльной принадлежности мензулы, а прикрѣпляется къ линейкѣ алидады или кипрегеля. (Употребленіе и повѣрки уровней, — см. §§ 80—86).

II. *Вилка* состоитъ изъ трехъ планокъ *A*, *B* и *C* (черт. 97). Обѣ планки *A* и *C* составляютъ одно склеенное цѣлое, планка *B* вращается на шарнирѣ *c*, она длиннѣе планки *A*. Нить съ отвѣсомъ *o* закрѣпляется у нижней планки *B*; ея продолженіе *bb* проходитъ черезъ остріе *b* верхней планки *A* тогда, когда *B* отогнута, и планка *A* горизонтальна. Двойной отвѣсъ (съ противовѣсомъ *d*) гарантируетъ болѣе быструю установку нити въ отвѣсное положеніе при любой высотѣ мензулы. Вилка служитъ для *центрированія* мензулы¹⁾. Для этого предварительно центрируютъ мензулу и



Черт. 100.

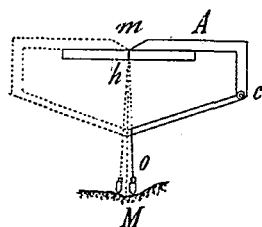
приводятъ ее въ горизонтальное положеніе *на глазъ*; послѣ чего вилку кладутъ на горизонтальную доску мензулы (на планшетъ) (черт. 100), прилаживая ее съ той стороны планшета, съ которой вилка ляжетъ большею частию планки *A* на планшетъ; ослабивъ затѣмъ винты *z* (черт. 91) у планокъ *m* планшета и удерживая остріе вилки у точки *n* (черт. 100) на планшетѣ, двигаютъ планшетъ по подставкѣ *P* (черт. 100) мензулы до тѣхъ поръ, пока шпигъ отвѣса вилки установится надъ точкою *N* мѣстности²⁾. Проекти-

¹⁾ Центрировка дѣлается послѣ приближенного ориентированія (см. дальше §).

²⁾ Если у края доски при точкѣ *a* вилку приложить неудобно, то изъ центра *m* опускаютъ перпендикуляръ *mo* на линію *ab*, строятъ на линіи *AB* отрѣзокъ *AO = ao*, а въ точкѣ *O* — перпендикуляръ (при помощи чертежнаго винкеля) *OM = om* и центрируютъ *m* надъ *M*, двигая мензулу изъ *P* въ *M*.

рование точки мѣстности *A* (черт. 96) на мензулу дѣлается такъ: установивъ мензулу горизонтально надъ точкою *A* мѣстности, кладутъ вилку на мензулу и двигаютъ вилку по доскѣ до тѣхъ поръ, пока шпигъ отвѣса *o* совпадетъ съ точкою *A* мѣстности; остріе *b* даетъ проекцію *a* точки *A* (черт. 96).

Отъ вилки нужно требовать, чтобы при горизонтальномъ положеніи верхней планки *A* ея остріе *b* и шпигъ отвѣса *O* лежали на одной отвѣсной линіи. Для проверки условія кладутъ вилку на мензулу два раза (черт. 101) съ двухъ различныхъ сторонъ и проектируютъ точку *m* два раза на землю. Если проекции не совпадутъ въ одну точку, то вилка невѣрна. Второе положеніе вилки сдѣлано пунктиромъ на чертежѣ 101. При достаточно длинномъ брусѣ *B* у невѣрной вилки мѣняютъ мѣсто закрѣпленія отвѣса. Если брусъ *A* будетъ длиннѣе требуемой величины, то перемѣщаютъ мѣдную пластинку съ остріемъ *b* по нижней плоскости планки *A*.



Черт. 101.

Вилку употребляютъ, если мензульная съемка (черченіе плана въ полѣ) ведется въ крупномъ масштабѣ, тогда площадь круга нѣкотораго радіуса *r*, взятая на земной поверхности, перестаетъ на планшетѣ изображаться въ видѣ точки. И такъ какъ за точку при графической съемкѣ на планѣ можно принять длину въ $\frac{1}{200}$ долю дюйма, то понятно, что число сажень въ радіусѣ *r* круга, исчезающаго на мензулѣ, (назовемъ его кругомъ исчезновенія) будетъ зависѣть отъ масштаба съемки. Если масштабъ съемки, напр., $\frac{1}{8400}$, т. е. въ 1 дюймѣ 100 сажень, то $\frac{1}{200}$ дюйма на планшетѣ будетъ соотвѣтствовать 0,5 сажени на мѣстности, а для масштаба $\frac{1}{84}$ — 0,005 сажени. Въ первомъ случаѣ линіи мѣстности, меньшія 0,5 сажени, а во второмъ меньшія 0,005 на планшетѣ не вырисуются. Обратно, каждая точка на планшетѣ въ первомъ случаѣ будетъ соотвѣтствовать на землѣ кругу исчезновенія, радіуса въ $\frac{1}{4}$ сажени (съ діаметромъ въ 0,5 сажени), а потому уклоненіе въ центрировкѣ на 0,5 сажени не будетъ сказываться на планшетѣ. Во второмъ же случаѣ уклоненія точекъ планшета отъ соотвѣтствующихъ имъ точекъ мѣстности, достигающія полудіаметра круга исчез-

новенія, т. е. $\frac{1}{2}$. 0,005 сажени, уже будуть оказывать вліяніе на положеніе снимаемыхъ точекъ на мензульный листъ, а потому при масштабахъ въ 1 дюймъ 10, 5, 2, 1 сажень вилка должна употребляться; при масштабахъ 50, 100 сажень въ дюймъ—вилка уже не употребляется.

III) *Алидада* или линейка со скошенными ребрами, длиною почти равная сторонѣ планшета съ находящимися на концахъ ея діоптрами (черт. 102), служитъ для визировапія на точки мѣстности и проведенія на планшетѣ линій визировапія. Мѣдная линейка при продолжительномъ употребле-

ніи алидады мараетъ бумагу, наклеенную на планшетѣ, а потому во избѣжаніе этого нижняя ея поверхность подклеивается бумажною или соломенною полоскою. Въ каждомъ изъ діоптровъ сдѣланъ какъ узкій, такъ и



Черт. 102.

широкій прорѣзъ, вслѣдствіе чего каждый изъ нихъ можетъ быть употребляемъ и за глазной, и за предметный.

Для полученія на планшетѣ посредствомъ алидады направленія линіи визировапія на предметъ мѣстности, нужно послѣ центрировки мензулы и приведенія доски ея въ горизонтальное положеніе *приложить скошенное ребро линейки алидады къ данной на планшетѣ точкѣ*, визировать черезъ діоптры на соотвѣтственную точку мѣстности—для чего *передвигать алидаду по мензуль*, слѣдя свободнымъ глазомъ за тѣмъ, чтобы скошенный край оставался *около данной точки*, а волосокъ предметнаго діоптра покрывалъ бы точку мѣстности и прочертить карандашемъ линію по скошенному ребру линейки.

Алидада должна удовлетворять слѣдующимъ условіямъ:

1) *Нижняя поверхность линейки должна быть плоскостью, а скошенные ребра ея—прямыми линіями*. Эти условія повѣряются такъ же, какъ и въ простой чертежной линейкѣ.

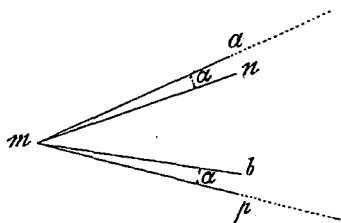
2) Если на линейкѣ алидады прикрѣпленъ цилиндрическій уровень, то требуется, чтобы ось уровня была параллельна нижней плоскости линейки.

3) *Коллимаціонныя плоскости діоптровъ должны быть перпендикулярны къ нижней плоскости линейки*. Повѣрка этого условія дѣлается такъ же, какъ и въ буссоли съ діоптрами (см. стр. 81 п. 7), т. е. съ помощію нити съ отвѣсомъ, для чего планшетъ приводится въ горизонтальное положеніе.

Обыкновенно повѣряютъ и другую коллимаціонную плоскость.

4) Коллимаціонная плоскость должна или совпадать съ однимъ изъ скошенныхъ реберъ линейки, или быть ему параллельна. Втыкаютъ въ доску на взаимномъ разстояніи, нѣсколько меньшимъ длины линейки алидады, двѣ тонкія иглы. Это дѣлается съ помощью чертежнаго прямоугольнаго треугольника, причемъ одинъ катетъ его прикладывается къ планшету, а иглки втыкаются по направленію другого катета. Къ воткнутымъ такимъ образомъ иглкамъ прикладываютъ ребро алидады; поворачивая осторожно доску, направляютъ движеніемъ доски одну изъ коллимаціонныхъ плоскостей алидады на точку отдаленнаго предмета и смотрятъ — покрываютъ ли обѣ иглы ту же точку предмета? Если да, то условіе выполнено. Строго говоря, это покрытие будетъ выполнено только тогда, когда коллимаціонная плоскость проходитъ чрезъ ребро линейки (какъ у алидады, черт. 98), а не параллельна ему; но въ виду ничтожности разстоянія коллимаціонной плоскости отъ ребра линейки сравнительно съ разстояніемъ отъ мензулы до предмета, волосокъ діоптра будетъ покрывать ту же точку даже и тогда, когда коллимаціонная плоскость только параллельна ребру, а не совпадаетъ съ нимъ. Точно такъ же повѣряется и другая коллимаціонная плоскость.

Это условіе можно повѣрять, какъ сейчасъ увидимъ, не особенно строго, потому что оно совсѣмъ не имѣетъ вліянія на точность построенія угла на мензулѣ, а имѣетъ значеніе только при употребленіи на ней буссоли. Въ виду же того, что точность отсчетовъ по буссоли есть $\frac{1}{4}$ градуса, достаточно, если настоящее условіе будетъ выполнено съ точностью до $\frac{1}{8}^\circ$. Убѣдимся теперь пока въ томъ, что несоблюденіе настоящаго условія не вліяетъ на точность построенія на мензулѣ угла, а въ послѣдствіи убѣдимся въ остальномъ. Дѣйствительно, пусть при точкѣ *m* (черт. 103) на планшетѣ долженъ быть уголъ *amb*, заключающійся между истинными направленіями на точки *A* и *B* мѣстности. Допустимъ, что плоскость визирования составляетъ со скошеннымъ ребромъ линейки нѣкоторый уголъ $\alpha = amn$, тогда вмѣсто линіи *ma* мы будемъ имѣть линію *mn*; точно такъ же вмѣсто линіи *mb* — линію *mr*. Изъ чертежа ясно видно, что при употребленіи во время визирования на точку *B* мѣстности того же ребра линейки и той же коллимаціонной плоскости, что и при визированіи на точку *A*, линія *mr* составитъ съ *mb* уголъ *bmр*, равный α . Слѣдовательно, начерченный на планшетѣ уголъ *mnr* равенъ дѣйствительно-

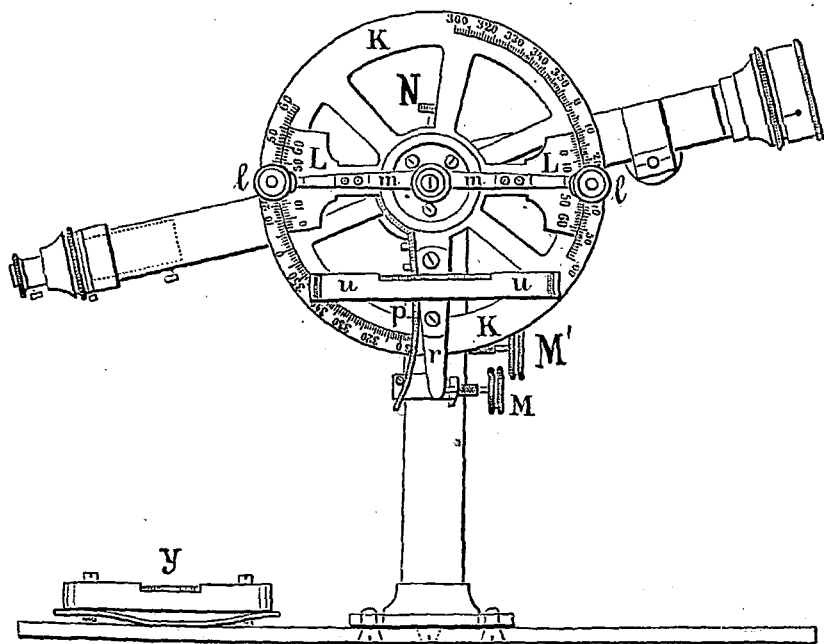


Черт. 103.

му углу amb (сличи § 61, стр. 67 — „Мѣсто индекса на алидадномъ кругѣ“).

Итакъ, несоблюденіе настоящаго условія не имѣетъ значенія для величины угловъ, при прочерчиваніи по планшету линій по одному и тому же ребру линейки алидады: поэтому во все время продолженія съемки нужно употреблять одну и ту же коллимаціонную плоскость и одно и то же ребро.

IV. *Кирзель Главнаго Штаба*¹⁾ (черт. 99 и 104). На мѣдной линейкѣ прикрѣплена колонна съ горизонтальнымъ на ея верху цилиндромъ — гнѣздомъ оси вращения трубы. Къ горизонтальной оси вращения его трубы; (переводящейся черезъ зенитъ) прикрѣпленъ *полный вертикальный кругъ К*, вращающійся вмѣстѣ съ трубою. Грубое

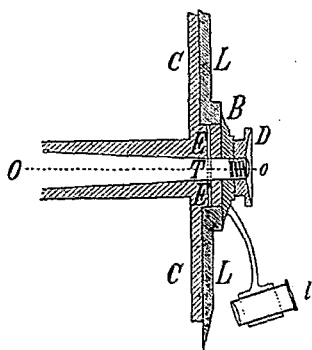


Черт. 104.

движеніе трубы и круга прекращается нажимательнымъ винтомъ N , а медленное движеніе сообщается микрометреннымъ винтомъ M' . На выступающій конецъ горизонтальной оси надѣта алидада LL вертикальнаго круга съ двумя верньерами на концахъ, причемъ отсчетами по двумъ верньерамъ уничтожается, какъ извѣстно, вліяніе эксцентрицитета алидады. Кольцо, которымъ алидада надѣта на горизонтальную ось, имѣетъ внизу рычагъ r съ плоскою пружиною p ,

¹⁾ Или иначе *Кирзель—высотомѣръ*.

нижніе концы которыхъ помѣщаются между двумя выступами по срединѣ колонны. Чрезъ одинъ изъ этихъ выступовъ проходитъ винтъ *М*, а въ другой выступъ упирается пружина *р*. Дѣйствіемъ этого винта можно поворачивать въ ту или другую сторону алидаду, а съ нею вмѣстѣ и прикрѣпленный къ ея рычагу уровень *и*, чѣмъ и приводитъ пузырекъ этого послѣдняго на средину. *Кругъ раздѣленъ*, начиная отъ двухъ діаметрально противоположныхъ точекъ, подписанныхъ нулями, на градусы, подпись дѣлений идетъ *слѣва направо* и притомъ не по всему протяженію окружности, а только по дугѣ въ 60 градусовъ въ обѣ стороны отъ нулей, такъ же, какъ въ тахеометръ Герляха (сличи черт. 196 и 70) т. е. отъ 0° до 60° и отъ 300° до 360°. Верньеры на концахъ алидады назначены такъ, чтобы, при параллельности оптической оси трубы съ осью уровня алидады, нули верньеровъ совмѣщались съ нулями вертикальнаго круга. Когда кругъ для наблюдателя, стоящаго при окулярѣ, находится вправо отъ трубы, то такое положеніе его называется кругомъ вправо и для краткости обозначается чрезъ *К. П.*; въ этомъ случаѣ отсчеты по верньерамъ будутъ для угловъ повышенія заключаться между 0° и 60°, а для угловъ пониженія между 300° и 360°. Если же кругъ помѣщается влѣво отъ трубы, что называется кругомъ лѣво и обозначается чрезъ *К. Л.*, то для угловъ повышенія отсчеты будутъ заключаться между 300° и 360°, а для угловъ пониженія между 0° и 60°. Въ центрѣ круга на той же горизонтальной оси трубы вращается рычажокъ *т*, на концахъ котораго помѣщены лупы *л* для отсчитыванія по верньерамъ. Въ окулярномъ колѣнѣ зрительной трубы помѣщается обыкновенно дальномѣръ Эртеля на черт. 99 винты дальномѣрной сѣтки обозначены чрезъ *о* и *и*. При дальномѣрѣ кипрегеля должна быть рейка. Наконецъ, надо еще прибавить, что на линейкѣ кипрегеля прикрѣпляется иногда другой менѣе чувствительный уровень *У*, служащій для приведенія планшета въ горизонтальное положеніе. На той же линейкѣ гравировается масштабъ. Устройство кипрегеля можно также усмотрѣть изъ чертежа 105, представляющаго поперечный разрѣзъ горизонтальной оси вращенія трубы; изъ него видно, что вертикальный кругъ *С*, имѣя выступъ *Е*, закрѣпленъ наглухо на горизонтальной оси *Оо*, стальнымъ стержнемъ *Т*, проходящимъ насквозь черезъ ось и выступъ круга. Алидада *LL* съ



Черт. 105.

верньерами *надвинута* на выступъ *E* круга *C*; сверху она придерживается кольцомъ *B* съ лупами *И* и гайкой *D* на концѣ горизонтальной оси, а снизу — упоромъ рычага *r* и пружины *p* въ выступы колонны (сличи черт. 104 и 193). Благодаря тому, что кругъ скрѣпленъ стержнемъ *T* съ осью *Oo* онъ вращается вмѣстѣ съ трубою, алидада же остается *неподвижною* во время вращенія круга. При переводѣ трубы черезъ зенитъ каждая точка круга описываетъ 180° , а потому, если *до перевода* черезъ зенитъ уголъ наклона заключался между 0° и 60° , то, послѣ перевода трубы черезъ зенитъ онъ будетъ приходиться на части круга, подписанной отъ 300° до 360° , ибо кипрегель придется повернуть на 180° около вертикальной оси, т. е. переложить своими концами на доскѣ, для возможности вторичнаго визирования на тотъ же самый предметъ. Уровень *У* на линейкѣ кипрегеля служитъ для приведенія планшета въ горизонтальное положеніе, а уровень *и* при алидадѣ вертикальнаго круга для опредѣленія угловъ наклоненія (повышенія или пониженія), а именно для *установки линій нулей верньеровъ всегда въ одно и то же определенное положеніе, соответствующее горизонтальной линіи, отъ которой считаются все углы наклоненія*. Два уровня нужны для того, чтобы оба дѣйствія, — приведеніе доски въ горизонтальное положеніе и опредѣленіе угловъ наклоненія, — производились бы *независимо* другъ отъ друга, что выгодно и удобно при съемкѣ.

Въ кипрегелѣ Главнаго Штаба повѣряются слѣдующія условія:

1) *Нижняя поверхность линейки должна быть плоскостію, а скошенное ребро ея — прямою линіею.*

Повѣрка дѣлается такъ же, какъ и въ обыкновенной линейкѣ.

2) *Ось уровня У, прикрѣпленнаго къ линейкѣ кипрегеля, должна быть параллельна нижней плоскости линейки.*

3) *Коллимаціонная плоскость трубы должна быть: а) перпендикулярна къ нижней плоскости линейки и б) параллельна скошенному ребру ея.*

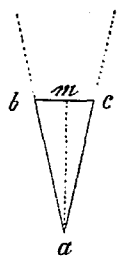
4) *Визирная ось трубы должна быть параллельна оси уровня (и) алидады при совмѣщеніи нулей верньеровъ алидады съ нулями вертикальнаго круга.*

Повѣрка уровня, прикрѣпленнаго къ линейкѣ, дѣлается такъ: ставятъ уровень на планшетную доску такимъ образомъ, чтобы его ось была параллельна прямой, проходящей черезъ два какихъ-либо подъемныхъ винта. Дѣйствуя этими двумя подъемными винтами, ставятъ пузырекъ уровня на середину трубки, проводятъ на планшетѣ карандашомъ по скошенному ребру линейки кипрегеля прямую и перекладываютъ около нея кипрегель противоположными

концами, т. е. вращаютъ его около вертикальной оси на 180° . Если послѣ переключиванія пузырькъ отклонится отъ середины трубки, то передвигаютъ его на половину дуги отклоненія *исправительными винтами уровня*. Послѣ установки пузырька вновь приводятъ его подъемными винтами на середину трубки, и снова переключиваютъ кипрегель около прочерченной линіи на планшетѣ. Въ случаѣ отклоненія пузырька, повторяютъ вышеописанныя дѣйствія до тѣхъ поръ, пока пузырькъ уровня будетъ такъ же занимать середину трубки послѣ переключиванія кипрегеля около начерченной на планшетѣ линіи, какъ и до его переключиванія. Дѣйствія эти приходится повторять потому, что середина дуги отклоненія и середина пузырька оцѣниваются на глазъ.

Условіе перпендикулярности коллимаціонной плоскости зрительной трубы къ нижней поверхности линейки распадается на двѣ части: на *опредѣленіе коллимаціонной ошибки трубы кипрегеля*, т. е. на обнаруженіе неперпендикулярности визирной оси къ горизонтальной оси вращенія зрительной трубы и на *провѣрку параллельности горизонтальной оси вращенія къ нижней плоскости линейки*. Чтобы обнаружить, соблюдено ли условіе перпендикулярности осей визирной и горизонтальной вращенія, ставятъ кипрегель на планшетную доску и приводятъ его съ помощью только что вывѣреннаго уровня на линейкѣ въ горизонтальное положеніе; для чего ставятъ ось уровня въ направленіе сперва двухъ подъемныхъ винтовъ, дѣйствуя которыми устанавливаютъ середину пузырька на середину трубки, а затѣмъ по направленію одного третьяго подъемнаго винта и, дѣйствуя *однимъ* имъ, приводятъ пузырькъ уровня вновь на середину трубки. Если доска точно приведена въ горизонтальное положеніе, то при передвиженіи кипрегеля въ любомъ направленіи по планшету пузырькъ уровня будетъ *все время* оставаться на серединѣ трубки. Въ противномъ случаѣ дѣйствіе приведенія доски въ горизонтальное положеніе слѣдуетъ повторить. Само собою разумѣется, что только съ хорошо вывѣреннымъ уровнемъ У (черт. 104) можно точно привести доску въ горизонтальное положеніе.

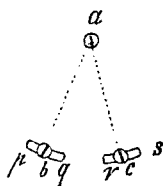
Послѣ того какъ планшетъ приведенъ въ горизонтальное положеніе, назначаютъ на планшетѣ какую-либо точку *a* (черт. 106) и, приложивъ къ ней скошенное ребро линейки, визируютъ пересѣченіемъ нитей на какую-либо хорошо (рѣзко) видимую въ трубку точку мѣстнаго отдаленнаго предмета (въ полѣ лучше всего на яблоко подъ крестомъ колокольни), по скошенному краю линейки прочерчиваютъ линію *ad* на планшетѣ, переводятъ трубу кипрегеля черезъ зенитъ, переставляютъ линейку кипрегеля противоположными концами на планшетѣ (*прилѣжно* враща-



Черт. 106.

наведенный на точку A , при отсутствіи трубы покрываль среднюю между S и S' точку P . При отсутствіи винта при колоннѣ, кипрегель исправляется механикомъ.

Параллельность коллимаціонной плоскости скошенному ребру провѣряется такъ: въ планшетѣ перпендикулярно (помощію чертежнаго треугольника) къ верхней плоскости мензульной доски вколачиваютъ двѣ тонкихъ иглы и выбираютъ какой-нибудь предметъ мѣстности возможно далекій. Къ игламъ вплотную придвигаютъ скошенное ребро линейки кипрегеля, наводятъ движеніемъ доски крестъ нитей на точку удаленнаго предмета мѣстности и смотрятъ черезъ иглы,—приходятся ли онѣ на ту же точку. Если условіе не соблюдено и обѣ плоскости не сходятся въ точкѣ удаленнаго (на горизонтѣ) предмета, то колонну, а вмѣстѣ съ нею и коллимаціонную плоскость трубы, поворачиваютъ около вертикальной оси до тѣхъ поръ, пока крестъ нитей покроетъ ту же точку, что и иглы. Для поворачиванія колонны внизу сдѣлано три винта, изъ которыхъ одинъ a (черт. 108) неподвиженъ, а около двухъ другихъ b и c въ основаніи колонны сдѣланы дугообразные вырѣзы pq и rs по окружности радіуса $ab = ac$. Если вырѣзовъ нѣтъ, кипрегель отсылается для исправленія механику, или же условливаются всегда проводить направленія и ориентировать мензулу (см. § 57) при одномъ и томъ же положеніи коллимаціонной плоскости или всё равно вертикальнаго круга, напр., при $K. П.$, такъ какъ тогда на мензулѣ величина горизонтальнаго угла abc не измѣнится, а лишь каждая изъ сторонъ его повернется и отодвинется въ одну и ту же сторону на одну и ту же величину (сличь черт. 103). Несоблюденіе 4-го условія въ кипрегелѣ Гл. Шт. можетъ происходить: 1) отъ движенія круга высотъ S независимо отъ движенія трубы и 2) отъ шатанія уровня $и$ на алидадѣ, а слѣдовательно и отъ перемѣщенія его оси относительно линіи нулей верньеровъ. Ту точку вертикальнаго круга, съ которою надо совмѣщать нуль верньера для того, чтобы оптическая ось была параллельна оси уровня на алидадѣ, принято называть *мѣстомъ нуля* вертикальнаго круга и соотвѣтствующій ей отсчетъ на вертикальномъ кругѣ обозначать $М. О.$



Черт. 108.

Опредѣленіе мѣста нуля вертикальнаго круга въ кипрегелѣ Главнаго Штаба и измѣреніе угла наклона α дѣлается по формуламъ:

$$М. О. = \frac{К. П. + К. Л.}{2},$$

т.-е. *мѣсто нуля равно полусуммѣ отсчетовъ при кругѣ право и кругѣ лѣво, приче́мъ къ отсчету меньшему 60° придается 360° и передъ отсчетами по вертикальному кругу*

пузырекъ уровня на алидадѣ ставится винтомъ *М* (черт. 104) на середину трубки;

$$\alpha = \frac{K. П. - K. Л.}{2},$$

т.-е. уголъ наклона равенъ кругу право минусъ кругъ лѣво, дѣленное пополамъ, причемъ къ отсчету меньшему 60° придается 360°

или $\alpha = M. O. - K. Л.,$

т.-е. уголъ наклона равенъ также мѣсту нуля минусъ кругъ лѣво,

или $\alpha = K. П. - M. O.,$

т.-е. уголъ наклона определяется какъ разность между кругомъ право и мѣстомъ нуля.

Мѣсто нуля слѣдуетъ опредѣлять по нѣсколькимъ предметамъ, т.-е. при различныхъ наклонахъ оптической оси въ горизонтъ; если оно не измѣнится въ предѣлахъ точности верньера, то кругъ и уровень неподвижны. Чтобы не вводить въ отсчеты по кругу поправки за мѣсто нуля¹⁾, поступаютъ такъ: найдя по отсчетамъ *К. П.* и *К. Л.* истинное значеніе угла наклона α , устанавливаютъ на него при *К. П.* (или на $360^\circ - \alpha$ при *К. Л.*) микрометреннымъ винтомъ *М.* алидады нули верньеровъ, удерживая при этомъ крестъ нитей трубы на той точкѣ высокаго предмета, для которой α высчитанъ. Послѣ этого пузырекъ уровня алидады устанавливаютъ снова на середину трубки, дѣйствуя исправительными винтами у рычага (кипрегели работы Герляха), находящимися ниже уровня. Въ кипрегелѣ, представленномъ на чертежѣ 104-мъ (работы механиковъ Белау или Рихтера), установка уровня дѣлается такъ: 1) ослабляютъ на рычагѣ γ винтъ (*р*), находящійся ниже уровня и имѣющій подъ шляпкою дугообразный прорѣзъ въ рычагѣ, 2) вращаютъ отъ руки уровень около винта, находящагося надъ нимъ, до тѣхъ поръ, пока его пузырекъ станетъ на средину трубки и, затѣмъ, 3) закрѣпляютъ винтъ (*р*).

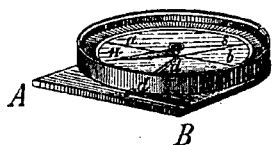
*Буссоль*²⁾. Она состоитъ изъ круглой коробки (черт. 109), діаметромъ около 5 дюйм., внутри которой имѣется высебренное кольцо съ градуснымъ дѣленіемъ; на концахъ одного изъ діаметровъ *ab* кольца подписаны или нули, или нуль и 180° . Въ первомъ случаѣ градусная подпись идетъ въ обѣ стороны отъ нулей до 90° , а во второмъ — справа нѣво (противъ хода часовой стрѣлки) отъ 0° до 360° , иначе, въ первомъ случаѣ имѣемъ румбическое кольцо, а во второмъ — азимутальное. Въ центрѣ кольца на днѣ коробки утверждается острый шпиль, на который вѣшается магнитная стрѣлка *ns*. Коробка закрывается крышкою со

¹⁾ Т.-е. чтобы отсчетъ на вертикальномъ кругѣ дѣйствительно былъ нуль, когда оптическая ось параллельна оси уровня алидады.

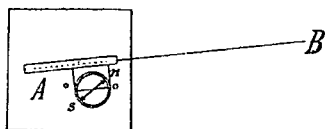
²⁾ Итальянское слово *bussola* обозначаетъ коробка

стекломъ, къ которому можетъ быть прижата магнитная стрѣлка своею шляпкою во время перенесенія буссоли съ мѣста на мѣсто. Это прижиманіе дѣлается такъ: одинъ конецъ рычага *dd* надѣтъ на шпиль подъ стрѣлкою, а другой нѣсколько согнутый конецъ проходитъ чрезъ боковое треугольное отверстіе кольца и выступаетъ снизу крышки наружу; это отверстіе сбоку крышки таково, что если повернуть ее около центра кольца, то крышка придавитъ согнутый конецъ рычага, вслѣдствіе чего конецъ его, обхватывающій шпиль, поднимется и прижметъ шляпку стрѣлки къ стеклу. Дно коробки продолжено въ одну сторону и ограничивается прямымъ краемъ *AB*, который долженъ быть параллеленъ нулевому діаметру *ab* кольца.

Мензульная буссоль служитъ: а) для опредѣленія румба или азимута линіи на мѣстности, б) для назначенія на мѣстности линіи подъ даннымъ румбомъ или азимутомъ и с) для приведенія линіи, начерченной на планшетѣ, въ отвѣсную плоскость съ магнитнымъ или географическимъ меридіаномъ, т. е. для ориентированія планшета.



Черт. 109.



Черт. 110.

Для опредѣленія румба или азимута линіи *AB* (черт. 110) мѣстности ставятъ мензулу надъ одной изъ конечныхъ точекъ линіи, напримѣръ *A*, центрируютъ ее, приводятъ доску въ горизонтальное положеніе и визируютъ по данной линіи; затѣмъ, приложивъ осторожно къ ребру линейки визирнаго снаряда (алидады или кипрегеля) буссоль, дѣлаютъ отсчетъ по сѣверному концу стрѣлки на кольцѣ буссоли; отсчетъ выразитъ искомый румбъ или азимутъ. Послѣ приложенія буссоли необходимо убѣдиться въ томъ, что линейка не сдвинулась съ мѣста, для чего достаточно повѣрить визированіе.

Чтобы при данной точкѣ *A* на мѣстности назначить линію съ извѣстнымъ румбомъ или азимутомъ, центрируютъ мензулу надъ этою точкою, приводятъ доску въ горизонтальное положеніе, кладутъ на нее кипрегель или алидаду и къ ребру линейки прикладываютъ буссоль, которую поворачиваютъ на доскѣ вмѣстѣ съ визирнымъ снарядомъ до тѣхъ поръ, пока конецъ стрѣлки будетъ показывать данный румбъ или азимутъ и наконецъ выставляютъ на мѣстности вѣху *B* по направленію линіи визирования.

Приведеніе линіи планшета въ отвѣсную плоскость съ магнитнымъ или географическимъ меридіаномъ, называемое

орієнтованіємъ мензулы по меридіану, будетъ изложено въ слѣдующемъ за симъ параграфѣ, въ задачѣ объ орієнтованіи мензулы вообще.

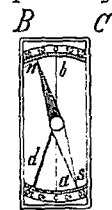
Предыдущія троякаго рода задачи на употребленіе мензульной буссоли требуютъ, чтобы кромѣ параллельности діаметра буссоли, проходящаго чрезъ нуль, съ прямолинейнымъ ея краемъ, коллимаціонная плоскость визирнаго снаряда была параллельна съ ребромъ линейки. А такъ какъ точность опредѣленія направленій буссолью, вслѣдствіе суточного измѣненія склоненія стрѣлки, есть $\frac{1}{4}$ градуса, то достаточно, если каждое изъ этихъ условій—параллельность діаметра буссоли съ ея прямолинейнымъ краемъ и параллельность коллимаціонной плоскости визирнаго снаряда съ ребромъ его линейки—будетъ выполнено съ точностью до $\frac{1}{8}$ градуса.

Отъ мензульной буссоли требуется выполненіе условій:

1) Отсутствія желѣза въ коробкѣ, 2) вѣрности дѣленій кольца, 3) отсутствія эксцентрицитета стрѣлки, 4) хорошей шлифовки агата, достаточной остроты шпилья и надлежащей степени намагниченія стрѣлки, 5) уравниваемости стрѣлки на шпильѣ, 6) совпаденія геометрической оси съ магнитной и наконецъ 7) *чтобы нулевой діаметръ градуснаго кольца былъ параллеленъ прямому краю буссоли*. Последнее условіе повѣряется такъ: поставя алиладу на горизонтальный планшетъ, направляютъ ея коллимаціонную плоскость на точку мѣстности, затѣмъ, приложивъ буссоль прямымъ краемъ къ ребру линейки алидады (кипрегеля) натягиваютъ волосъ по направленію нулевого діаметра градуснаго кольца и смотрятъ—проходитъ ли волосъ чрезъ ту же точку мѣстности, на которую сдѣлано визированіе діоптрами или трубою. Если нѣтъ, то вращеніемъ около центра кольца волосъ направляютъ на точку и дѣлаютъ на кольцѣ отсчетъ, который выразитъ величину погрѣшности; ее нужно принимать во вниманіе каждый разъ, при употребленіи буссоли. Можно также скошенный край кипрегеля, послѣ того какъ буссоль будетъ уложена на планшетъ, совмѣстить съ нулевымъ діаметромъ буссоли и визировать трубою.

Если буссоль при мензулѣ нужна единственно только для орієнтованія планшета по магнитному или истинному меридіану, то для этой цѣли достаточна такъ называемая

орієнтиръ-буссоль, изображенная на чертежѣ 111. Она состоитъ изъ прямоугольнаго ящика *ABCD*, закрываемаго стеклянною крышкою, при короткихъ сторонахъ котораго прикрѣплены двѣ дуги съ градуснымъ дѣленіемъ и съ центромъ, совпадающимъ съ мѣстомъ помѣщенія шпилья. Край *AB* буссоли долженъ быть параллеленъ діаметру *ba*, проходящему чрезъ нуль.

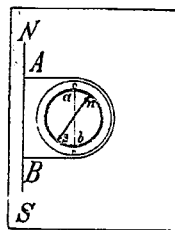


Черт. 111.

Основные задачи, рѣшаемыя мензулою на мѣстности.

§ 57. Оріентированіе мензулы прямая и обратная засѣчки.

I. Оріентированіе ¹⁾ мензулы. *Оріентировать* буквально означает назначить (на планшетѣ) востокъ, а по нему и остальные страны свѣта, и обратно, на мѣстности по плану найти востокъ, а слѣдовательно западъ, сѣверъ и югъ. Болѣе же широко подъ этимъ надо понимать: *установку планшета въ любой точкѣ мѣстности въ такое положеніе, въ которомъ всѣ начерченныя на немъ линіи, принимаютъ положеніе параллельное соотвѣтственнымъ линіямъ мѣстности.* Вслѣдствіе этого планшетъ можно оріентировать или точно по данной на планшетѣ линіи, или приближенно по меридіану, посредствомъ буссоли. Разсмотримъ сперва второй случай. Чтобы оріентировать планшетъ по магнитному меридіану *NS* (черт. 112), положеніе котораго начерчено на планшетѣ въ видѣ прямой, приставляютъ къ этой линіи край *AB* буссоли и, ослабивъ становой винтъ мензулы, поворачиваютъ доску до тѣхъ поръ, пока ось свободно висящей на шпилѣ стрѣлки приметъ направленіе діаметра *ab*, проходящаго чрезъ нуль кольца, при этомъ поворачиваютъ доску сначала грубымъ движеніемъ, а потомъ, закрѣпивъ становой винтъ, дѣйствуютъ микрометреннымъ винтомъ подставки мензулы. Если для мѣста съемки извѣстно склоненіе магнитной стрѣлки, то планшетъ можно оріентировать по географическому меридіану; такъ, напр., если извѣстно, что склоненіе въ данномъ мѣстѣ восточное $2^{\circ}8'$, то, приложивъ буссоль къ линіи *NS*, поворачиваютъ доску настолько, чтобы сѣверный конецъ стрѣлки отошелъ отъ нуля кольца вправо на $2\frac{1}{8}^{\circ}$, принимая 8 минутъ за $\frac{1}{8}$ градуса. Эта оріентировка по магнитному или географическому меридіану не можетъ имѣть большой точности, потому что суточное измѣненіе склоненія стрѣлки есть 15 и болѣе минутъ. Такая оріентировка планшета можетъ быть сдѣлана въ любой точкѣ стоянія мензулы на мѣстности, такъ какъ всѣ меридіаны можно принимать параллельными между собою (для небольшого снимаемаго участка).



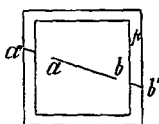
Черт. 112.

Второй, болѣе точный способъ оріентированія планшета по данной линіи. При этомъ различаютъ два случая: 1) когда мензула поставлена на одномъ изъ концовъ данной на мѣстности и уже изображенной на планшетѣ линіи, слѣдовательно допускающей центровку мензулы и 2) когда

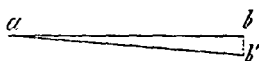
¹⁾ Названіе происходитъ отъ лат. слова *oriens*—востокъ.

мензула поставлена между конечными точками ориентировочной линии, но на мензулѣ точка стоянія не дана. Въ первомъ случаѣ, если AB (черт. 115) есть данная на мѣстности линия, а ab —линия, ей соотвѣтствующая на планшетѣ, то, поставивъ мензулу надъ точкою A мѣстности, ослабляютъ становой винтъ и поворачиваютъ доску настолько, чтобы направленіе линіи ba совпадало приблизительно (на глазъ) съ направленіемъ AB . Затѣмъ центрируютъ планшетъ по возможности точно, приводятъ его въ горизонтальное положеніе, прикладываютъ ребро линейки визирнаго снаряда къ ab и поворачиваютъ доску сначала грубымъ движеніемъ, а потомъ, закрѣпивъ становой винтъ, микрометреннымъ настолько, чтобы линіи визированія проходили чрезъ точку мѣстности B . По совершеніи этого доска считается ориентированной.

Замѣчаніе. Ориентированіе мензулы по взятой на ея планшетѣ линіи производится тѣмъ съ большей точностью, чѣмъ длиннѣе эта линія на планшетѣ, такъ какъ чѣмъ длиннѣе линія ориентированія, тѣмъ точнѣе можно приложить къ ней ребро линейки визирнаго снаряда. На основаніи этого тѣ линіи, по которымъ имѣется въ виду ориентировать въ послѣдствіи мензулу, при визированіи прочерчиваются на планшетѣ не только въ томъ его мѣстѣ, гдѣ того потребуетъ изображаемая точка, но и за рамкою, на краяхъ планшета. Такъ если предполагается ориентировать мензулу по линіи ab (черт. 113), то за рамкою на краяхъ планшета должны быть прочерчены еще двѣ линіи a' и b' , служащія продолженіемъ линіи— ab ; къ нимъ-то собственно и прикладывается ребро линейки визирнаго снаряда при ориентированіи. Чтобы составить понятіе о томъ,



Черт. 113.



Черт. 114.

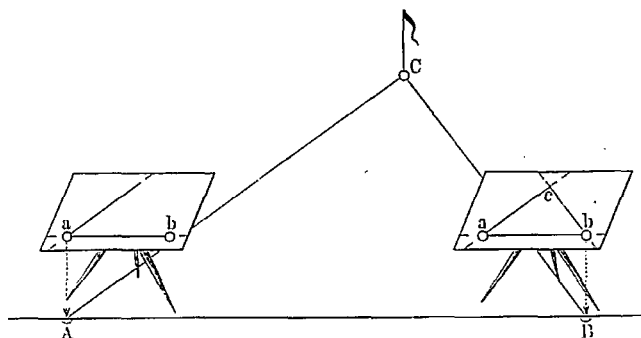
насколько выигрываетъ точность ориентированія планшета отъ длины ориентировочной на планшетѣ линіи, допустимъ, что ab' (черт.) есть взятая на планшетѣ линія и что линейка, точно приложенная въ точкѣ a , уклоняется отъ точки b на величину bb' . Изъ чертежа имѣемъ $tg bab' = \frac{bb'}{ab}$ при $bb' = \frac{1}{200}$ дюйма и $ab = 15$ дюймамъ, уголъ bab' достигаетъ $1,2'$; эту величину считаютъ за среднюю ошибку ориентированія мензулы по данной на ея планшетѣ линіи (средней величины въ 15 дюйм.).

Когда съ мензулою надо встать гдѣ-либо на линіи AB между ея концами A и B , то приходится постепенно рядомъ попытокъ, убѣждаться въ томъ, что, избравъ на глазъ точку стоянія и ориентировавъ планшетъ по одному концу ли-

ни мѣстности, напр., B , линия визирования (визируя въ противоположную сторону) не проходитъ черезъ другую точку A , а потому передвигать мензулу до тѣхъ поръ, пока плоскость визирования на A будетъ та же, что и на B . Ошибка отъ центрировки на глазъ можетъ имѣть вліяніе только при крупномъ масштабѣ, въ которомъ рѣдко производится мензульная съемка.

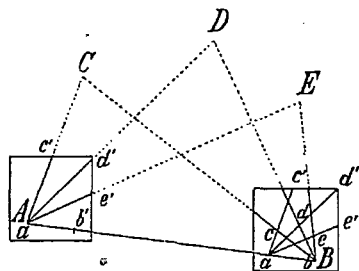
II. Опредѣленіе точки по двумъ даннымъ. *Первое рѣшеніе, становясь съ мензулою въ обѣихъ данныхъ точкахъ.*

Пусть A и B (черт. 115) суть двѣ данныя на мѣстности



Черт. 115.

сти точки, положеніе которыхъ, соотвѣтственно въ a и b , дано на планшетѣ, ищется положеніе на планшетѣ третьей точки C мѣстности. Становимся съ мензулою сперва въ одну изъ данныхъ точекъ, напримѣръ, въ A , центрируемъ, приводимъ планшетъ въ горизонтальное положеніе и ориентируемъ его по линіи ab ; затѣмъ визируемъ черезъ a на C и чертимъ на планшетѣ линію ac . Послѣ чего мензула переносится въ другую данную точку B , здѣсь такъ же, какъ и въ A , установимъ планшетъ и ориентируемъ его по линіи ba , а затѣмъ провизируемъ черезъ b на C и по ребру линейки кипрегеля прочертимъ линію bc . Эта линія пересѣчетъ линію ac въ точкѣ c и дастъ искомое изображение 3-й точки C мѣстности. Этотъ способъ рѣшенія задачи принято называть *засѣчкою впередъ*; имъ можно опредѣлить двумя постановками мензулы не только одну третью точку, но и нѣсколько: $C, D, E, \dots$ какъ и изображено на чертежѣ 116.

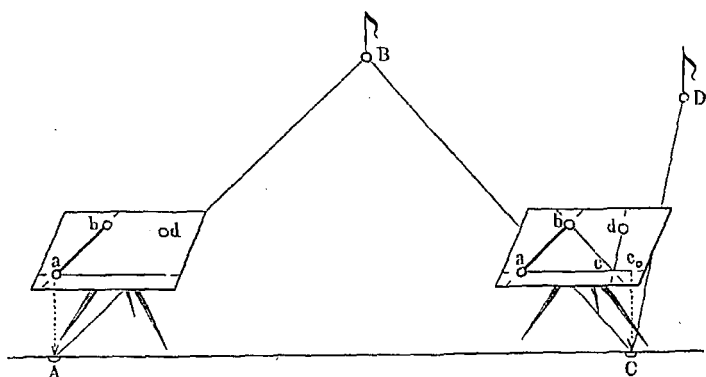


Черт. 116.

Способъ засѣчки впередъ можетъ служить также и для опредѣленія непрístupныхъ разстояній, напримѣръ, DE или CD ; при этомъ, если линія ab не дана на планшетѣ, то

выбравъ на мѣстности произвольную линію AB , измѣряютъ ее, наносятъ на планшетъ ея направленіе и откладываютъ ея длину ab по масштабу, а затѣмъ уже примѣняютъ только-что описанный пріемъ засѣчекъ впередъ.

Второе рѣшеніе, становясь съ мензулою въ одну изъ данныхъ точекъ и въ опредѣляемую точку (черт. 117). Перво-

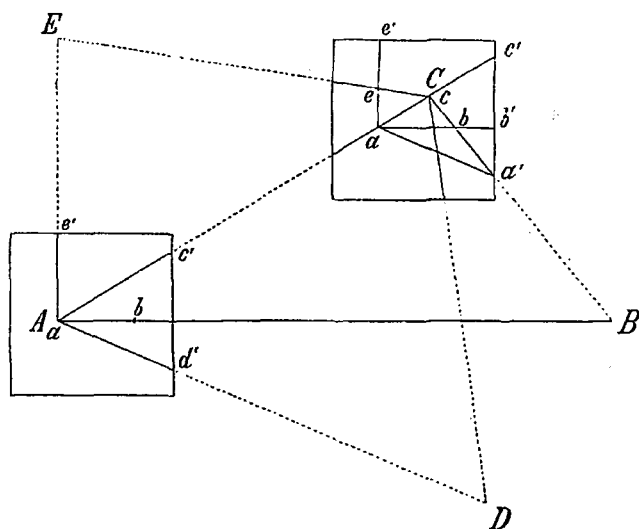


Черт. 117.

начально мензула устанавливается въ одной изъ данныхъ точекъ, напр., A , и планшетъ ориентуется по данной на немъ линіи ab , послѣ чего визируютъ черезъ a на опредѣляемую точку C и прочерчиваютъ по ребру линейки линію ac_0 . Затѣмъ мензулу переносятъ въ точку C , положеніе которой ищется на планшетѣ. Здѣсь назначаютъ на линіи ac_0 на глазъ точку c_0 , изображающую приблизительно точку C мѣстности, планшетъ центрируютъ точкою c_0 надъ C , приводятъ планшетъ въ горизонтальное положеніе, ориентируются по линіи c_0a , прикладываютъ ребро линейки визирнаго снаряда къ b , визируютъ на B и засѣкаютъ линію ac_0 въ точкѣ c . Если c уклонится отъ c_0 на незначительную величину, близкую къ точности масштаба $\left(\frac{1}{200} \text{ дюйма}\right)$,

то считаютъ, что c соотвѣтствуетъ точки C мѣстности. Въ противномъ случаѣ, т. е. при значительномъ ея разстояніи отъ точки c_0 , она не будетъ соотвѣтствовать точкѣ C мѣстности и необходимо сдѣлать поправку; для чего опять центрируютъ мензулу по c и повторяютъ всѣ послѣдующія дѣйствія. Этотъ способъ опредѣленія точки называется *засѣчкою назадъ* или *обратною засѣчкою*. Онъ практикуется въ особенности тогда, когда одна изъ данныхъ точекъ есть естественный сигналъ, на который встать съ мензулою нельзя; напр., колоколья, конекъ дома и т. п., а также и тогда, когда на планшетѣ помимо 2-й данной точки b имѣются положенія и другихъ точекъ напр., d . Тогда положе-

ніе точки d можетъ контролировать найденное положеніе c , для чего визируютъ черезъ d на D , и линія визирования должна на планшетѣ пройти черезъ точку c . Если бы требовалось опредѣлить нѣсколько точекъ мѣстности, то для быстроты работы одна изъ нихъ опредѣляется засѣчкою назадъ, а другія засѣчною впередъ, пользуясь точкою вновь опредѣленною, какъ это сдѣлано на черт. 118.



Черт. 118.

Наивыгоднѣйшее пересѣченіе линій на планшетѣ (засѣчка) считается при углѣ между ними угломъ въ 90° ; предѣльная же величина угла для засѣчки опредѣляется не менѣе какъ въ 30° , а слѣдовательно не болѣе $(180^\circ - 30^\circ) = 150^\circ$.

§ 58. Задача Потенота¹⁾. (Опредѣленіе точки по тремъ даннымъ.)

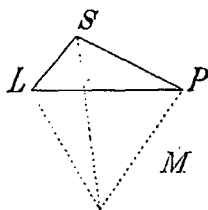
Условіе задачи. Задача Потенота состоитъ въ опредѣленіи четвертой точки по тремъ даннымъ и заключается въ слѣдующемъ:

По извѣстному на мензулѣ положенію l , p и s трехъ точекъ мѣстности L , P и S (лѣвой, правой и средней) требуется *опредѣлить на мензулѣ* положеніе m четвертой точки M мѣстности, *становясь съ инструментомъ исключительно въ этой послѣдней*. Покажемъ, что рѣшеніе этой задачи на мензулѣ возможно.

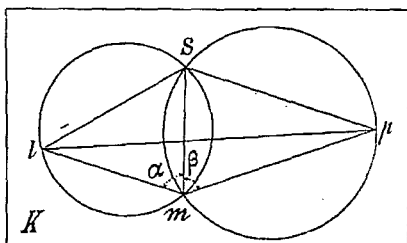
Изъ чертежа 119 легко видѣть, что на мѣстности положеніе 4-й точки M относительно трехъ данныхъ L , P и S

¹⁾ Въ первый разъ эта задача была предложена въ 1614 году голландскимъ геометромъ *Снелліусомъ*, а въ 1692 году французскимъ геометромъ *Потенотомъ* дано ея рѣшеніе въ болѣе удобномъ видѣ.

опредѣляется величинами двухъ угловъ $LMS = \alpha$ и $SMP = \beta$, и такъ какъ на планшетѣ получаютъ фигуры, подобныя даннымъ на мѣстности, то для рѣшенія задачи на мензульномъ листѣ необходимо найти такую точку m (черт. 120), въ которой бы углы $lms = \alpha$ и $smr = \beta$. Поэтому найдемъ сперва такую точку m_1 , въ которой бы уголъ $lm_1s = \alpha$



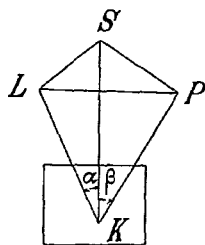
Черт. 119.



Черт. 120.

Такихъ точекъ будутъ безчисленное множество, такъ какъ всѣ онѣ лежатъ на окружности (черт. 120), проходящей черезъ l и s и вмѣщающей данный уголъ α . Если затѣмъ будемъ искать такую точку m_2 на мензулѣ, въ которой бы уголъ $sm_2r = \beta$, то и здѣсь придется строить окружность, проходящую черезъ s и r и вмѣщающую данный уголъ β . Очевидно, что съ пересѣченіи этихъ окружностей будетъ лежать искомая точка m , ибо при ней углы $lms = \alpha$ и $smr = \beta$; однако самыхъ окружностей на мензулѣ не проводятъ, а пользуются другими (излагаемыми ниже) приемами; что касается до графическаго опредѣленія величины угловъ α и β , то эти углы легко построить при любой точкѣ K (черт. 120 и 121) на мензулѣ, визируя черезъ K на три данныя на мѣстности точки L , S и P . Такимъ образомъ изъ предыдущаго вида, что *рѣшеніе задачи Потенота на мензулѣ вполне возможно* и для этого необходимо только знать углы α и β .

§ 59. О возможномъ положеніи искомой точки относительно трехъ данныхъ. Величины угловъ α и β (черт. 121) характеризуютъ точку K относительно 3-хъ данныхъ — L , S и P . Условившись при этомъ черезъ α обозначать всегда уголъ между направленьями (изъ точки стоянія) на данныя 2 точки, — лѣвую и среднюю, а черезъ β — всегда уголъ между направленьями на среднюю и правую точки, будемъ различать слѣдующія шесть возможныхъ положеній четвертой точки относительно трехъ данныхъ: лѣвой, средней и правой.



Черт. 121.

1) Точка M_1 лежитъ внѣ круга, проходящаго черезъ L , S и P противъ стороны LP (черт. 122).

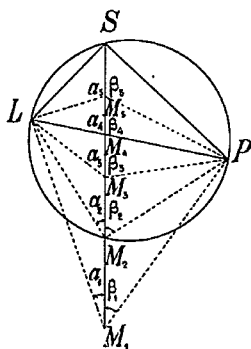
2) Точка M_2 лежитъ на окружности проходящей черезъ три данныя точки L , S и P . Въ этомъ случаѣ задача не опредѣленна, ибо на той же окружности существуетъ безчисленное множество точекъ, въ которыхъ углы $LMS = \alpha$ и $SMP = \beta$.

3) Точка M_3 лежитъ внутри круга LPS , противъ стороны LP , но внѣ треугольника LSP .

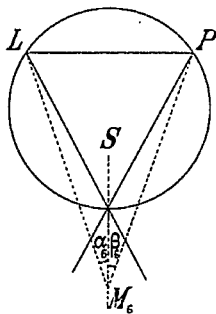
4) Точка M_4 лежитъ на сторонѣ LP треугольника LPS .

5) Точка M_5 лежитъ внутри треугольника LSP .

6) Точка M_6 лежитъ внѣ круга LSP , между продолженными сторонами LS и PS треугольника LSP (черт. 122bis).



Черт. 122.



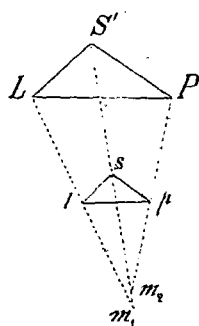
Черт. 122 bis.

§ 60. Непосредственное и посредственное рѣшеніе задачи Потенота. Кромѣ Снеллиуса и Потенота ту же задачу объ опредѣленіи четвертой точки по тремъ даннымъ рѣшали и многіе другіе знаменитые геометры и ученые; рѣшенія ихъ можно разбить на двѣ группы; 1-я группа—рѣшенія точныя „непосредственныя“, когда искомая точка съ одного разу (послѣ *однократнаго* совершенія извѣстнаго приема) получается на мензулѣ; 2-я группа—рѣшенія приближенныя, когда точка не съ одного разу, а *послѣ многократнаго* повторенія извѣстнаго приема, получается на мензулѣ,—т.-е. когда для опредѣленія точки приходится нѣсколько разъ продѣлывать одинъ и тотъ же приемъ, послѣдовательно приближаясь къ истинному ея положенію. Такого рода рѣшенія называютъ рѣшеніями „по приближенію“.

Изъ непосредственныхъ рѣшеній рассмотримъ *способъ Боненберга и Бесселя*, а изъ рѣшеній по приближенію—1) *Лемана* и 2) *Боненберга*.

Въ основаніи всѣхъ рѣшеній задачи Потенота на мензулѣ лежитъ слѣдующая лемма.

Если мензула въ точку стоянія M ориентирована, т.-е. если дано, что $ls \parallel LS$; $sp \parallel SP$ и $lp \parallel LP$ (черт. 123), то три линии визирования на мензуль (через l на L , через p на P и через s на S) пересѣкутся въ одной точкѣ m ¹⁾.



черт. 123.

Пусть крайнія линии визирования пересѣкаются въ двухъ точкахъ m_1 и m_2 линію среднего визирования, тогда вслѣдствіе параллельности $ls \parallel LS$ и $ps \parallel PS$ имѣемъ: $m_1ls \propto m_1LS$ и $m_2ps \propto m_2PS$, откуда

$$\frac{m_1S}{m_1s} = \frac{LS}{ls} \text{ и } \frac{m_2PS}{m_2s} = \frac{PS}{ps}, \dots \dots \dots (1),$$

а вслѣдствіе того, что на мензулѣ дана фигура, подобная данной на мѣстности, т.-е. $lsp \propto LSP$, имѣемъ:

$$\frac{SL}{ls} = \frac{PS}{ps} \dots \dots \dots (2).$$

Изъ равенствъ (1) и (2) слѣдуетъ:

$$\frac{m_2S}{m_2s} = \frac{m_1S}{m_1s} \text{ или } \frac{m_2S - m_2s}{m_2s} = \frac{m_1S - m_1s}{m_1s} \dots \dots \dots (3);$$

такъ какъ $m_2S - m_2s = Ss = m_1S - m_1s$, то изъ послѣдней (3) пропорцій слѣдуетъ, что

$$m_2s = m_1s,$$

чего конечно быть не можетъ.

Слѣдовательно, если мензула строго ориентирована, на ней двухъ точекъ m_1 и m_2 быть не можетъ.

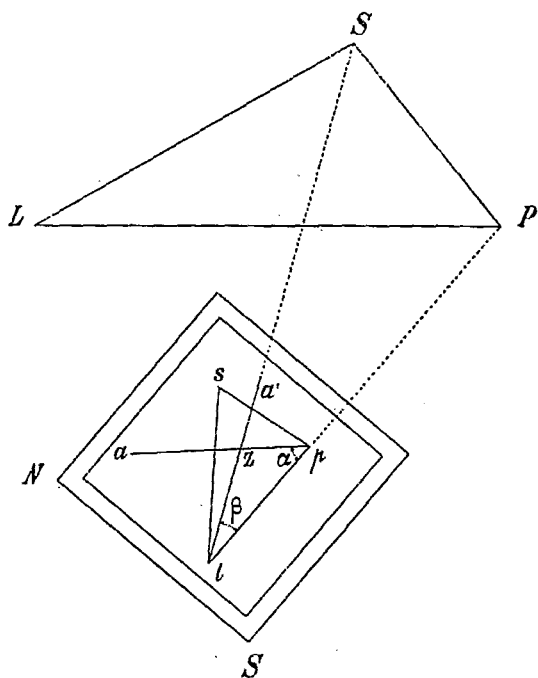
Итакъ, если мензула ориентирована, три линіи визирования пересѣкаются въ одной точкѣ. Если же мензула не ориентирована, то линіи визирования при пересѣченіи даютъ болѣе одной точки на мензулѣ, т. е. получается такъ называемая *фигура* (треугольникъ) *погрѣшностей*.

Всѣ рѣшенія основаны также на допущеніи, что гдѣ бы на мензулѣ (т. е. при любой точкѣ планшета) ни строили углы α и β , величины ихъ останутся тѣ же самыя, т. е. $\alpha = \alpha'$, $\beta = \beta'$ (черт. 124).

Способъ Боненбергера и Бесселя. Вообразимъ, что черезъ лѣвую точку L (черт. 125), правую P и черезъ искомую точку стоянія M проведена окружность; соединимъ точку S съ M , линія SM въ пересѣченіи съ окружностью дастъ точку Z . По соединеніи точекъ Z и M съ точками L и P изъ чертежа найдемъ (черт. 125), что $\alpha = LMS = LPZ$ и $\beta = PMS = PLZ$, потому что половина дуги LZ служитъ мѣрою угловъ LMS и LPZ , а углы PMS и PLZ измѣряются половиною дуги PZ . Отсюда можно сдѣлать *обратное заключеніе*,

¹⁾ Точка m на мензулѣ представитъ точку M на мѣстности.

Все вышесказанное достигается слѣдующимъ образомъ: сначала строимъ лѣвый уголъ α при правой точкѣ p линіи lp — вверхъ (черт. 126). 1) Устанавливаемъ мензулу точкою p надъ точкою стоянія M , 2) ориентуемъ планшетъ линією pl по линіи ML мѣстности, т. е. прикладываемъ алидаду



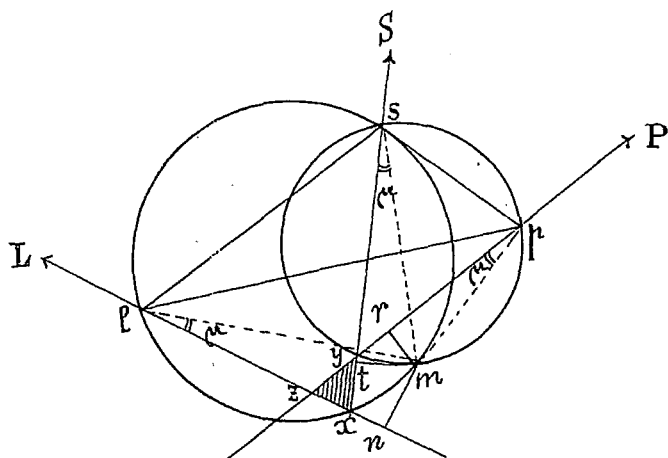
Черт. 127.

къ линіи pl и направляемъ волосъ предметнаго діоптра (или крестъ нитей кипрегеля) на точку L мѣстности, сперва грубымъ вращеніемъ мензульной доски, а затѣмъ болѣе точно микрометреннымъ винтомъ, 3) вращаемъ скошенный край алидады около точки p , визируемъ черезъ точку p на точку S и по скошенному краю алидады проводимъ линію pa (черт. 126). Затѣмъ при лѣвой точкѣ l строимъ правый уголъ β , т. е. 4) устанавливаемъ мензулу точкою l надъ M (черт. 127), 5) алидаду прикладываемъ къ линіи lp и мензульную

доску вращаемъ до тѣхъ поръ, пока волосъ предметнаго діоптра (или крестъ нитей) покроетъ точку P и затѣмъ 6) визируемъ черезъ l снова на S и проводимъ линію la' (черт. 127). Въ пересѣченіи линій pa и la' получимъ вспомоgetельный пунктъ z . (На чертежахъ 126 и 127 черезъ NS обозначено направленіе меридіана). Чтобы, имѣя точку z , а слѣдовательно и линію zst на мензулѣ, получить на этой послѣдней точку t , необходимо 7) мензулу линією zs ориентировать по линіи SM мѣстности, т. е., приложивъ скошенное ребро визирнаго снаряда къ линіи zs , вращать доску до тѣхъ поръ, пока крестъ нитей кипрегеля покроетъ точку S мѣстности, 8) по закрѣплении становаго винта, по планшету продолжитъ линію sz и затѣмъ уже 9) провести направленія pt и lt , т. е. визировать черезъ p на P и черезъ l на L , чертя по скошенному краю алидады карандашомъ (черт. 123).

Способъ Лемана относится къ посредственнымъ рѣшеніямъ задачи Потенота и основанъ на томъ, что если мен-

долженіе) и соединяя точку m съ данными s , l и p , легко усмотрѣть, что прямоугольные треугольники nlm , stm и mpr



Черт. 129.

подобны, такъ какъ имѣютъ по равному острому углу μ , и изъ подобія ихъ слѣдуетъ, что

$$\sin \mu = \frac{mn}{ml} = \frac{mt}{ms} = \frac{mr}{mp}$$

или

$$mn : mt : mr = ml : ms : mp.$$

Но такъ какъ

$$ml : ms : mp = ML : MS : MP,$$

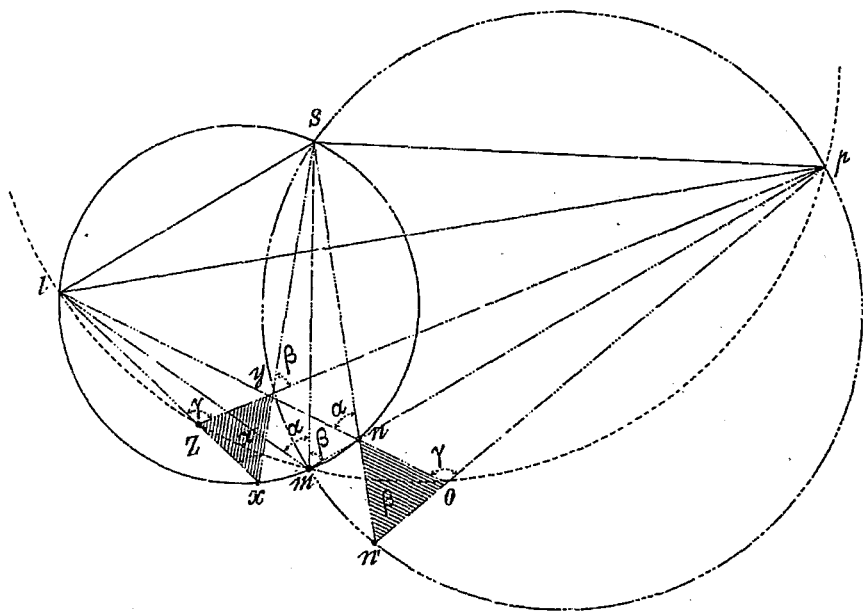
то

$$mn : mt : mr = ML : MS : MP.$$

Что же касается положенія точки m относительно треугольника погрѣшностей, то 1) точка m лежитъ внутри треугольника погрѣшностей $хуз$, когда точка M находится внутри Δ -ка LSP (черт. 128) 2) точка m лежитъ внѣ треугольника погрѣшностей $хуз$, но по одну сторону съ нимъ относительно линіи средняго визировація, когда точка M находится внѣ окружности, проходящей черезъ L , S и P , противъ одной изъ сторонъ, напр., LP . Во всѣхъ же остальныхъ (кромя указанныхъ) случаяхъ точка m лежитъ внѣ треугольника погрѣшностей, по разнымъ сторонамъ съ нимъ относительно линіи средняго визировація (черт. 128).

Способъ Боненбергера. Способъ Боненбергера состоитъ въ томъ, что если намъ будутъ даны 3 точки мѣстности L , S и P и соотвѣтствующее ихъ взаимное положеніе на мензулѣ l , s и p , то можно опредѣлить 4-ю точку M стоянія съ мензулой слѣдующимъ образомъ: ориентировать мензулу приближенно на глазъ и, визируя черезъ точки l ,

s и p мензулы на соответствующія точки L , S и P мѣстности, получить треугольникъ погрѣшностей $mn'o$ (черт. 130), въ которомъ при точкѣ n будетъ уголъ $\alpha = lns$, а при точкѣ n' уголъ $\beta = sn'p$. Затѣмъ съ помощью микрометреннаго винта выводимъ мензулу изъ ея первоначальнаго положенія, сдѣлавъ два-три оборота винтомъ, и, такимъ же образомъ, вновь визируя черезъ точки l , s и p мензулы на точки L , S и P мѣстности, получимъ новый треугольникъ погрѣшностей xuz , въ которомъ при точкѣ x будетъ уголъ α (lxs) и при точкѣ u —уголъ β (sup). Если теперь проведемъ три окружности: 1) одну вмѣщающую уголъ α , черезъ точки l и s , то она пройдетъ черезъ точки n и x , потому что при нихъ лежитъ уголъ α , опирающійся на хорду ls ; 2) окружность, вмѣщающую уголъ β , черезъ точки s и p ; она пройдетъ черезъ точки n' и u , потому что при нихъ лежитъ уголъ β , опирающійся на хорду sp и 3) наконецъ проведемъ 3-ю окружность черезъ точки l , p и o , вмѣщающую уголъ $lop = \gamma = \alpha + \beta$ (изъ треугольника $m'o$ видимъ,



Черт. 130.

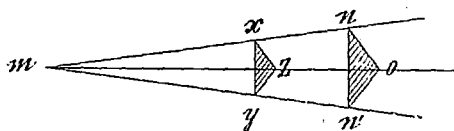
что уголъ lop , какъ внѣшній, равенъ суммѣ двухъ угловъ $n'no = \alpha$ и $mn'o = \beta$); эта окружность пройдетъ черезъ точку z , при которой лежитъ уголъ $lzp = \alpha + \beta$ и опирающійся такъ же, какъ и γ , на хорду lp . Эти три окружности должны пройти черезъ искомую нами точку, какъ вмѣщающія углы $lns = \alpha$, $sm'p = \beta$ и $lmp = \gamma$, т. е. пересѣчься въ искомой нами точкѣ. На мензулѣ вмѣсто проведенія 3-хъ выше-

описанныхъ окружностей проводятъ прямыя линіи: первую—черезъ точки n и x , вторую—черезъ n' и y (и въ случаѣ надобности 3-ю—черезъ o и z); пересѣченіе этихъ трехъ линій и дастъ *приближенно искомую точку m* .

Оріентированіе планшета вновь дѣлается по линіи ms .

Если точка m опредѣлилась хорошо, то третьяго треугольника погрѣшностей не получится, а если треугольникъ погрѣшностей опять окажется на лицо, то весь пріемъ снова повторяется. Если для полученія второго треугольника погрѣшностей вращеніе мензульной доски около ея вертикальной оси было сдѣлано движеніемъ, уклоняющимъ линіи мензулы отъ истиннаго ихъ положенія въ сторону, противоположную, сравнительно съ положеніемъ мензулы при полученіи перваго треугольника погрѣшностей, то *оба* треугольника будутъ обращены вершинами o и z , въ разныя стороны отъ линіи ms —*средняго визирова-*

нія (черт. 130). Но можетъ случиться, что z и o лягутъ по одну сторону отъ линіи средняго визирова-
нія (черт. 131); тогда искомая точка m ляжетъ по другую сторону отъ ли-

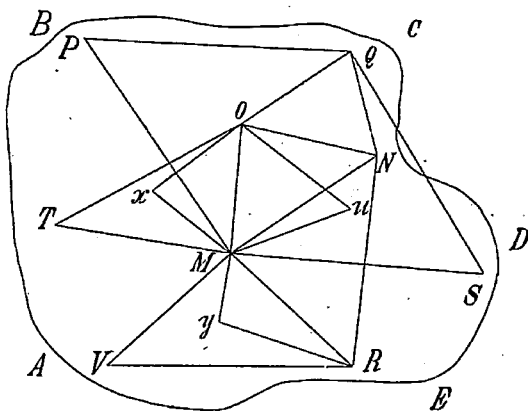


Черт. 131.

нии средняго визирова-
нія. Такое расположеніе будетъ имѣть мѣсто только тогда, когда уклоненіе мензулы отъ истиннаго положенія во второй разъ произошло въ ту же сторону, что и въ первый разъ. Если оріентировать мензулу не на глазъ, а *по буссоли*, то при этомъ иногда совсѣмъ не получается треугольника погрѣшностей, и искомая точка опредѣляется сразу пересѣченіемъ трехъ линій визирова-
нія.

§ 61. Мензульная съемка, основанная на составленіи геометрической сѣти. Если данный участокъ покрытъ цѣлымъ рядомъ контуровъ, то производить мензульную съемку, примѣняя непосредственно обыкновенныя четыре способа (обхода, засѣчекъ, полярный, промѣровъ съ вѣхи на вѣху), постепенно переходя отъ одного изъ нихъ, напримѣръ, центрального контура къ другимъ, не прицѣпъ во вниманіе общаго очертанія участка, невыгодно, такъ какъ при примыканіи снимаемыхъ границъ послѣдующихъ контуровъ къ границамъ предшествующихъ, окажется, что контуры, снятые подъ конецъ работы, не займутъ на планшетѣ относительно контуровъ, снятыхъ въ началѣ, того положенія, какое они имѣютъ въ дѣйствительности, а болѣе или менѣе уклонятся въ сторону *вслѣдствіе накопленія неизбежныхъ погрѣшностей измѣреній*. Для возможнаго устраненія этого накопленія погрѣшностей, передъ производствомъ съемки контуровъ опредѣляютъ на снимаемомъ участкѣ *ABCDEA* (черт. 132) взаимное положеніе такъ называемыхъ *основныхъ*

или опорныхъ точекъ, O, M, N , и, Q, P, T, x, y, V, R, S , при возможно маломъ числѣ установокъ инструмента и при возможно большихъ между ними разстояніяхъ, какія только допускаетъ сила зрѣнія визирнаго снаряда. Допустимъ, что эти точки выбраны такъ, что изъ каждой видно не меньше двухъ другихъ, тогда, соединяя ихъ по три, получимъ на мѣстности сѣть треугольниковъ или триангуляцію¹⁾. Точки $O, M, N, \dots$ будучи равномерно размѣщены по всему участку, послужатъ не только основаніемъ для съемки контуровъ, но и посредствомъ постоянного контроля надъ сдѣланными вновь опредѣленіями положеній точекъ контуровъ (по положенію основныхъ точекъ).



Черт. 132.

Необходимость предварительнаго опредѣленія опорныхъ пунктовъ подтверждается также и основнымъ правиломъ съемки, высказаннымъ какъ въ главѣ предварительныхъ понятій, такъ и въ IV главѣ § 141, стр. 171, что порядокъ производства съемки долженъ быть таковъ, чтобы работа постепенно переходила отъ общаго къ частному (см. — „О съемкѣ контуровъ въ общей связи“).

Триангуляція бываетъ: *тригонометрическая* и *геометрическая*. Когда опредѣленіе относительнаго положенія пунктовъ триангуляціи производится *вычисленіемъ*, т. е. *тригонометрическимъ рѣшеніемъ* треугольниковъ по числовымъ величинамъ: 1) одной изъ сторонъ треугольниковъ и 2) по измѣреннымъ угламъ всѣхъ треугольниковъ сѣти съ цѣлью отысканія числовыхъ величинъ *координатъ* всѣхъ вершинъ треугольниковъ, тогда сѣть наз. *тригонометрическою*; если же опредѣленіе пунктовъ сѣти дѣлается графически, т. е. *геометрическимъ построеніемъ* на бумагѣ треугольниковъ, подобныхъ воображаемымъ на мѣстности, и результатомъ является только чертежъ, то такая триангуляція называется *геометрическою*. При съемкахъ геометрическую сѣть составляютъ или независимо отъ сѣти *тригонометрической*, или же основываютъ ее на этой послѣдней.

¹⁾ Название триангуляціи происходитъ отъ латинскаго слова *triangulus*—треугольникъ. Триангуляція была предложена въ 1615 году голландцемъ Снелліусомъ, которымъ предложена задача Потенота.

Геометрическая съѣтъ тогда не основывается на тригонометрической съѣти, когда въ данной мѣстности не имѣется на лицо этой послѣдней; обыкновенно же, тригонометрическая съѣтъ кладется въ основаніе геометрической съѣти.

Разсмотримъ здѣсь составленіе и пользованіе исключительно геометрическою съѣткою; составленіе же тригонометрической съѣти разсмотримъ въ слѣдующей главѣ.

Составленіе геометрической съѣти заключается въ выполненіи слѣдующихъ отдѣльныхъ дѣйствій: 1) обзоръ или *рекогносцировка* мѣстности, 2) выборъ и обозначеніе пунктовъ съѣти сигналами (вѣхами), 3) выборъ и измѣреніе базиса и 4) наконецъ, нанесеніе пунктовъ съѣти на планшетъ, т.-е. построеніе съѣти.

Выборъ точекъ съѣти. Чтобы пункты съѣти удовлетворяли своему назначенію, ихъ выбираютъ на возвышенныхъ и открытыхъ мѣстахъ, заранее замѣченныхъ при осмотрѣ—рекогносцировкѣ мѣстности, при томъ такъ, чтобы съ каждаго изъ нихъ было видно возможно большее число другихъ (не менѣе двухъ). Чтобы удобнѣе было ими пользоваться, какъ *опорными* при съемкѣ, ихъ стараются выбрать на такихъ мѣстахъ, *гдѣ сходятся нѣсколько контуровъ*, а также при пересѣченіи дорогъ или на рѣзко обозначившихся ихъ изгибахъ, при сліяніи ручьевъ и т. п. При выборѣ точекъ съѣти не слѣдуетъ упускать изъ виду, что положеніе ихъ на планшетѣ будетъ опредѣлено засѣчками, а потому необходимо наблюдать, чтобы стороны воображаемыхъ треугольниковъ, пересѣченіями которыхъ онѣ опредѣляются, не образовали бы слишкомъ острыхъ или тупыхъ угловъ. Засѣчка считается надежною, если она сдѣлана, какъ сказано выше, подъ углами не менѣе 30° и не болѣе 150° . Наконецъ, при выборѣ пунктовъ съѣти надо помнить, что для возможнаго избѣжанія накопленія неизбѣжныхъ погрѣшностей, опредѣленіе пунктовъ должно быть произведено при возможно меньшемъ числѣ постановокъ инструмента.

Взаимное разстояніе между избираемыми на мѣстности пунктами съѣти зависитъ какъ отъ характера мѣстности, такъ и отъ масштаба съемки: чѣмъ болѣе на мѣстности снимаемыхъ контуровъ и чѣмъ они мельче, тѣмъ менѣе стороны треугольниковъ съѣти. Точно такъ же, чѣмъ мельче масштабъ, тѣмъ длиннѣе должны быть стороны треугольниковъ; вообще же *желательно, чтобы стороны треугольниковъ на планшетѣ представлялись линіями не короче двухъ дюймовъ*, а число пунктовъ съѣти должно быть таково, чтобы на каждые четыре квадратныхъ дюйма плана приходилось въ среднемъ не менѣе одного пункта.

Обозначеніе точекъ съѣти. Если на избранныхъ пунктахъ нѣтъ естественныхъ сигналовъ: колоколенъ, башенъ,

верстовыхъ столбовъ, отдѣльныхъ деревьевъ и т. п., то ставятъ на нихъ большія вѣхи, вышиною отъ $1\frac{1}{2}$ до 3 сажень. Для лучшей видимости вѣхъ на ихъ верхушки набиваютъ флаги, навязываютъ хворостъ или солому, также прибавляютъ дощечку, а иногда и двѣ, сложенные накрестъ и т. п., разнообразя эти значки для того, чтобы можно было различать издали одну вѣху отъ другой.

Выборъ базиса и его длина. Для возможности опредѣленія на бумагѣ относительнаго положенія пунктовъ съѣти *застычками измѣряется на мѣстности одна изъ сторонъ* треугольниковъ, напр., *МО* (черт. 132), которая называется тогда *базисомъ* или *основаніемъ* съѣти. Мѣсто для базиса избирается одновременно съ выборомъ мѣстъ для пунктовъ съѣти, причемъ наблюдается, чтобы онъ находился по возможности на срединѣ снимаемаго участка и на почвѣ ровной, не пересѣкаемой препятствіями—оврагами, рѣками, болотами. *Средина участка есть наиболѣе выгодное мѣсто для базиса* потому, что, при опредѣленіи положенія пунктовъ относительно базиса, неизбѣжныя погрѣшности не будутъ накапливаться и вліять *въ одну какую-нибудь сторону*, а будутъ *равномѣрно* распредѣляться по всѣмъ направленіямъ; вслѣдствіе этого можно разсчитывать и на болѣе точное опредѣленіе положенія пунктовъ съѣти, при которомъ *наличенное на планшетъ положеніе пунктовъ возможно ближе будетъ подходить къ ихъ истинному положенію*.

Длина базиса обусловливается масштабомъ съемки и размѣрами снимаемаго участка. Такъ, если при нанесеніи пунктовъ съѣти на бумагу существуетъ пока только одна погрѣшность—отъ неточнаго нанесенія на планшетъ длины базиса, то базисъ длиною, напр., въ 300 саж. нанесенный въ масштабъ $\frac{1}{8400}$ (точность котораго $\frac{1}{200}$ дюйма = 0,5 саж.) будетъ ошибоченъ на 0,5 саж., т. е. онъ будетъ короче или длиннѣе на 0,5 сажени, слѣдовательно будетъ имѣть абсолютную ошибку 0,5 саж., а относительную (на единицу длины) — $\frac{0,5}{300} = \frac{1}{600}$. Тотъ же базисъ, нанесенный въ масштабъ $\frac{1}{4200}$, будетъ имѣть абсолютную ошибку 0,25 саж., а относительную $\frac{0,25}{300} = \frac{1}{1200}$, т. е. *точность нанесенія базиса на бумагу возрастаетъ съ увеличеніемъ масштаба*. Ошибка же въ опредѣленіи точки *N* стороны *MN* по базису *МО* *будетъ болѣе ошибки въ базисѣ* (0,5 или 0,25 саж.) въ отношеніи *MN:МО*, т. е.—чѣмъ больше размѣры сторонъ Δ -овъ, тѣмъ длиннѣе долженъ быть базисъ.

Измѣреніе базиса. Когда мѣсто для базиса выбрано, то его предварительно провѣшиваютъ; послѣ этого *измѣряютъ базисъ стальной лентой* (въ крайнемъ случаѣ цѣпью) *не меньше трехъ разъ*. Среднее арифметическое изъ результатовъ

измѣренія, приведенное (по измѣренному углу наклоненія) къ горизонту, принимается за длину базиса. Такъ какъ для базиса избирается мѣсто благоприятное для измѣренія, то среднее арифметическое не должно отличаться отъ отдѣльныхъ результатовъ измѣренія болѣе чѣмъ на $\frac{1}{1000}$ долю его длины; въ противномъ случаѣ результатъ, дающій большую разницу, долженъ быть отброшенъ и замѣненъ новымъ измѣреніемъ. Такъ, если при измѣреніи базиса получены результаты: 357,3; 355,8; 357,7; то среднее арифметическое изъ перваго и третьяго измѣренія будетъ $= 357,5$. Разность $357,5 - 355,8 = 1,7$ составляетъ $\frac{1,7}{357,5} = \frac{1}{210}$ долю; а потому второй результатъ долженъ быть отброшенъ. Пусть новое измѣреніе базиса дало 357,2; вслѣдствіе чего среднее изъ 357,3, 357,2 и 357,7 будетъ 357,4, оно и выражаетъ вѣроятную величину базиса.

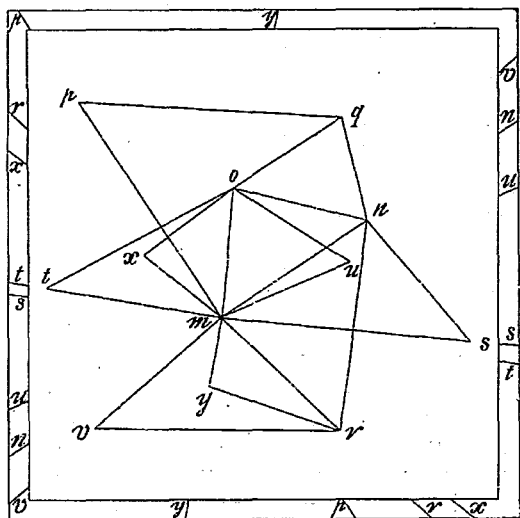
Нанесеніе пунктовъ сѣти на планшеть. Передъ нанесеніемъ пунктовъ сѣти на мензульный листъ, на немъ строятъ рамку, въ видѣ квадрата, такихъ размѣровъ, чтобы за сторонами этого квадрата оставалось до краевъ доски, по крайней мѣрѣ, по одному дюйму для *прочерчиванія концовъ линій, служащихъ для ориентированія планшета.*

Построеніе квадрата на листѣ планшета можно произвести такъ: проведя съ угла на уголь доски двѣ діагонали ac и bd (черт. 90) откладываютъ на одной изъ нихъ, отъ точки ея пересѣченія длину, вычисленную по формулѣ $\frac{1}{2} ac = \frac{1}{2} ab \sqrt{2}$, гдѣ ab есть данная сторона квадрата. Затѣмъ, принимая послѣдовательно точки a и c за центры, описываютъ по обѣимъ сторонамъ отъ линіи ac дуги радіусомъ ab . Соединеніе пересѣченій этихъ дугъ съ точками a и c дастъ искомый квадратъ $abcd$, который можетъ быть повѣренъ тѣмъ, что обѣ его діагонали должны быть равны между собою. Если ab должно быть равно 5 дюймамъ, то $\frac{1}{2} ac = 3,54$ дюйма. Передъ нанесеніемъ пунктовъ сѣти необходимо также рѣшить слѣдующій вопросъ: *помянется ли данный участокъ внутри построеннаго квадрата (рамки) или нѣтъ?* Для рѣшенія его надо знать длину наибольшаго протяженія по снимаемому участку, а это можетъ быть извѣстно или по имѣющейся у съемщика подъ руками картѣ, или, за отсутствіемъ ея, по оцѣнкѣ этой длины на-глазъ при выборѣ пунктовъ сѣти на мѣстности. Пусть обнаружилось, что наибольшее протяженіе по участку $= 6$ верстамъ $= 3000$ саж. Если сторона рамки $= 20$ дюймамъ, то при масштабѣ $\frac{1}{8400}$, въ которомъ, допустимъ, должна быть произведена съемка, это составитъ 2000 саж. или 4 версты, и такъ какъ можетъ случиться, что наибольшая длина участка расположится при съемкѣ по направленію стороны ква-

драта, то, сравнивая послѣднее число съ наибольшимъ протяженіемъ участка (6 верстъ), видимъ, что нашъ участокъ при указанномъ масштабѣ не можетъ помѣститься на одномъ планшетѣ. И такъ, при нанесеніи пунктовъ съѣти на планшетъ, могутъ быть два случая: 1) когда участокъ помѣщается въ масштабѣ съѣмки на одномъ планшетѣ и 2) когда онъ не помѣщается.

Сначала рассмотримъ нанесеніе пунктовъ съѣти въ томъ случаѣ, когда данный участокъ помѣщается на одномъ планшетѣ. Положимъ, что, намѣчая пункты на участкѣ *ABCDE* (черт. 132), при рекогносцировкѣ имѣлось въ виду: 1) принять линію *МО* за базисъ, 2) опредѣлить съ его концовъ пункты *N*, *и*, *T* и *х*; затѣмъ 3) опредѣлить обратной засѣчкой по *O* и *N* точку *Q*, и провѣрить это опредѣленіе обратной засѣчкой по пунктамъ *T* и *и*; 4) съ *Q* и *M* опредѣлить пункты *P* и *S*, 5) пунктъ *R* опредѣлить по *M* и *N* и провѣрить этотъ послѣдній обратной засѣчкой по видимымъ съ него пунктамъ *Q*, *и* и *S*, 6) съ пунктовъ *M* и *R* опредѣлить пункты *V* и *у* и, наконецъ, 7) перейдя съ мензулою на пунктъ *T*, провѣрить его по пунктамъ *P*, *Q*, *х* и *R*, послѣ чего съ того же пункта провѣрить опредѣленіе пунктовъ *V* и *у*. Дѣйствовать такимъ путемъ предполагалось съ цѣлью, чтобы не только опредѣлить всѣ пункты съѣти, но еще и провѣрить полученное на планшетѣ взаимное ихъ положеніе. Исполненіе составленнаго проекта начинаютъ съ того, что становятся съ мензулою въ одинъ изъ концовъ базиса, напр., *M*, вынувъ сперва,

если этого требуетъ масштабъ съѣмки, вѣху, стоящую въ этомъ пунктѣ, хотя лучше вѣхи ставить нѣсколько наклонно (см. стр. 93, черт. 78) и не вынимать разъ установленныя вѣхи. Въ точкѣ *M* приводятъ мензулу въ горизонтальное положеніе сперва наглазъ, ориентируютъ по буссоли какую-нибудь сторону рамки (по магнитному или, если извѣстно скло-



Черт. 133.

неніе магнитной стрѣлки, то по истинному меридіану) и назначаютъ на мензулѣ точку *m* (черт. 133), соответствующую точкѣ стоянія *M*, съ такимъ расчетомъ, чтобы весь снимаемый

участокъ могъ помѣститься внутри начерченнаго на планшетѣ квадрата. Затѣмъ мензулу точно центрируютъ точкою m , приводятъ по уровню планшетъ въ горизонтальное положеніе и снова ориентируютъ по меридіану. Послѣ этого прекращаютъ грубое вращеніе доски закрѣпленіемъ становаго винта подставки мензулы. Убѣдившись въ неподвижности планшета, прикладываютъ ребро линейки визирнаго снаряда къ m и визируютъ на другой конецъ o базиса; при этомъ по линейкѣ прочерчиваютъ линію какъ на краяхъ планшета, такъ и внутри рамки такой длины, чтобы на ней можно было отложить по масштабу съемки измѣренный базисъ. Отложивъ длину базиса mo , визируютъ на всѣ видимыя изъ M точки P, X, T, V, Y, R, S, U и N и проводятъ на планшетѣ линіи: $mp, mx, mt, mv, mu, mr, ms, mi$ и mn . Покончивъ всѣ визированія съ точки M , снова повѣряютъ ориентировку планшета по базису. Если она вѣрна, то это удостовѣритъ, что планшетъ не измѣнилъ своего положенія во время визированій; въ противномъ случаѣ всѣ прочерченныя съ этой точки направленія должны быть проверены и, если надо, исправлены. Далѣе мензулу снимаютъ съ точки M и переносятъ ее на другой конецъ базиса, въ точку O . Здѣсь вновь мензулу центрируютъ надъ O , доску приводятъ въ горизонтальное положеніе и ориентируютъ линіею om по вѣхѣ M , т. е. по линіи OM . Послѣ этого закрѣпляютъ доску и, *проверивъ снова отложенную длину mo базиса MO* , дѣлаютъ визированія на вѣхи U, N, T и X , засѣкая направленія, сдѣланныя на эти точки изъ M . Вслѣдствіе чего на планшетѣ получаютъ точки u, n, t и x ; при этомъ наблюдаютъ, чтобы засѣчки не были слишкомъ остры или тупы. Изъ точки O прочерчиваютъ визированіе на новую точку Q . Убѣдившись провѣркою ориентировки въ томъ, что планшетъ сохранилъ данное ему вначалѣ положеніе, снимаютъ мензулу, и переносятъ инструментъ въ одну изъ точекъ съ наиболѣе благопріятной засѣчкой, сдѣланной съ концовъ базиса, напр., N . Въ точкѣ N мензулу центрируютъ точкою n и ориентируютъ по no ; послѣ этого положеніе точки n провѣряютъ обратной засѣчкой съ точки m базиса, т. е. удерживая скошенный край линейки кипрегеля у точки m и визируя на M . Убѣдившись въ вѣрности опредѣленія точки n , провѣряютъ положеніе точекъ t, x и u , для чего послѣдовательно прикладываютъ край линейки кипрегеля къ n и t , къ n и x , къ n и u , и смотрятъ покрываетъ ли крестъ нитей трубы вершины вѣхъ T, X, U . Въ случаѣ, если точка n оказалась бы не вѣрно засѣченной съ концовъ базиса, то необходимо вновь вернуться въ точки O и M для новаго опредѣленія точки N . Изъ точки N переходятъ въ точку Q . Назначивъ на направленіи oq примѣрное положеніе точки q , устанавливаютъ мензулу надъ Q надлежащимъ

образомъ, ориентируютъ ее по направленію qo и получаютъ точку q обратной засѣчкою чрезъ n на N . Прежде чѣмъ приступить къ визированію съ этой точки на вновь открывшіяся, надо провѣрить ея опредѣленія на планшетѣ, равно какъ и точекъ t , x , u и n . Для этого прикладываютъ ребро линейки визирнаго снаряда послѣдовательно къ точкамъ: q и t , q и x , q и u , q и n и смотрятъ, — проходитъ ли коллимаціонная плоскость чрезъ T , X , U и N ; при этомъ могутъ быть такіе случаи: 1) коллимаціонная плоскость проходитъ послѣдовательно чрезъ всѣ эти вѣхи, 2) коллимаціонная плоскость проходитъ чрезъ нѣкоторыя точки, напримѣръ, T , U и N , а чрезъ другія, напримѣръ, чрезъ X не проходитъ и 3) коллимаціонная плоскость не проходитъ ни чрезъ одну изъ предыдущихъ вѣхъ. Въ первомъ случаѣ можно почти съ достовѣрностью утверждать, что какъ q , такъ и t , x , u и n опредѣлены вѣрно. Во второмъ случаѣ слѣдуетъ сдѣлать весьма вѣроятное предположеніе, что точка x невѣрно нанесена на планшетъ; и имѣя это въ виду, надо будетъ опредѣлить ее съ другихъ точекъ, на которыя будемъ становиться съ мензулою (напр., Q и R). Наконецъ, причиною появленія третьяго случая можетъ быть: или невѣрное ориентированіе планшета въ Q , или невѣрное опредѣленіе самой точки q . Если повѣрка ориентированія не приводитъ къ благопріятному результату, то невѣрность могла произойти отъ невѣрнаго проведенія направленія oq . Тогда, возвратившись съ мензулою въ o , провѣряютъ направленія oq и on . При невѣрности направленія oq , проводятъ новое, переходятъ опять въ Q , снова ориентируются по qo и снова опредѣляютъ q чрезъ n . Если же въ Q окажется, что оба направленія oq и on вѣрны или направленіе oq вѣрно, а on невѣрно, то оба эти обстоятельства даютъ возможность предполагать невѣрность опредѣленія точки n . Перейдя опять изъ O въ Q , опредѣляютъ q уже не по n , а по другой какой-нибудь точкѣ, напримѣръ, по u . Опредѣливъ такимъ образомъ q и, провѣривъ ее по другимъ точкамъ, засѣкаютъ направленія tp и ts , а также, если надо, и направленіе on . Послѣ этого, вновь повѣривъ ориентированіе, снимаютъ мензулу съ Q и переносятъ ее въ R , гдѣ, установивъ ее надлежащимъ образомъ, опредѣляютъ r обратной засѣчкою чрезъ n , провѣряютъ ее на всѣ видимыя съ нея точки T , P , X , N , S и опредѣляютъ новыя точки y и v . Въ заключеніе для повѣрки, главнымъ образомъ, точекъ y и v переносятъ мензулу въ T и провѣряютъ окончательно всѣ видимые пункты.

Такимъ образомъ обходятъ съ мензулою всѣ пункты *стѣны*, а чрезъ это на планшетѣ они не только будутъ опредѣлены, но и провѣрены.

Къ сказанному о нанесеніи триангуляціи нужно добавить: 1) предположенный распорядокъ работы можетъ

подвергнуться во время ея хода нѣкоторому измѣненію, если при опредѣленіи точекъ обнаружится, что нѣкоторыя изъ нихъ получаютъ подъ острыми или тупыми углами, или встрѣтятся какія-либо невѣрности;

2) для послѣдующей постановки инструмента нужно брать точку, дальше отстоящую отъ предыдущей, чрезъ что уменьшается число станцій, а слѣдовательно и накопленіе неизбѣжныхъ погрѣшностей;

3) такъ какъ каждый пунктъ триангуляціи можетъ опредѣляться пересѣченіемъ болѣе, чѣмъ двухъ направлений, то, для избѣжанія накопленія слишкомъ большого числа прочерченныхъ за рамкою направлений, достаточно дѣлать эти продолженія только съ нѣкоторыхъ изъ пунктовъ, съ которыхъ получается болѣе благоприятная засѣчка;

4) вставъ съ мензулою на какой-нибудь пунктъ съѣти и ориентировавъ планшетъ, нужно прежде всего провѣрить на планшетѣ точку стоянія по имѣющимся на планшетѣ пунктамъ и уже только послѣ этого приступить къ опредѣленію новыхъ точекъ;

5) каждую точку на планшетѣ, послѣ ея провѣрки, накалываютъ круглою наколкою съ зачерненіемъ образовавшагося углубленія остриемъ карандаша, затѣмъ, стеревъ резиною пересѣченіе линій ея опредѣляющихъ, обводятъ точку маленькимъ треугольникомъ или кружкомъ.

Когда снимаемый участокъ не помѣщается на одномъ планшетѣ, то нанесеніе составленной на мѣстности съѣти производится по двумъ способамъ.

Въ первомъ способѣ это нанесеніе дѣлается въ томъ же масштабѣ который предположенъ и для съемки подробностей. Самыя дѣйствія состоятъ въ слѣдующемъ: съ измѣреннаго базиса, выбраннаго въ срединѣ участка, наносятъ на первый планшетъ тѣ точки мѣстности, которыя на немъ помѣстятся, и при томъ въ той послѣдовательности, какъ предположено: затѣмъ точки, лежащія вблизи стороны рамки, переносятся на слѣдующіе планшеты и, принявъ за новый базисъ или разстояніе между двумя перенесенными пунктами, или разстояніе вновь измѣренное, продолжаютъ нанесеніе съѣти на этомъ второмъ планшетѣ¹⁾. Поступая такимъ же образомъ далѣе, получаютъ всю съѣть на нѣсколькихъ планшетахъ, на которыхъ послѣ этого и производится съемка подробностей. По окончаніи нанесенія на каждомъ планшетѣ пунктовъ съѣти, производится на немъ съемка подробностей и иллюминировка контуровъ планшета, послѣ чего, еще не срывая листа съ доски, съемщикъ измѣряетъ на немъ всѣ тѣ величины, которыя опредѣляютъ положенія переносимыхъ пунктовъ, и записываетъ ихъ; за симъ, по

1) Перенесеніе дѣлается помощію координатъ, взятыхъ относительно рамки.

срѣзкѣ съ доски листа, покрытаго съемкой, и наклейки на нее чистой бумаги, строятъ въ ней квадратъ, равный квадрату перваго планшета, и наносятъ точки по сдѣланнымъ записямъ. Такая предосторожность необходима потому, что по срѣзкѣ бумаги съ доски, она сядетъ, вслѣдствіе чего, и измѣнится какъ относительное расположеніе пунктовъ сѣти между собою, такъ и положеніе ихъ относительно сторонъ рамки¹⁾.

Второй способъ нанесенія пунктовъ триангуляціи участка, не помѣщающагося въ заданномъ масштабѣ на одномъ мензульномъ листѣ, основанъ на такомъ *измѣненіи заданнаго масштаба*, чтобы весь участокъ расположился на одномъ планшетѣ.

Самое нанесеніе сѣти въ этомъ масштабѣ производится такъ же, какъ и прежде, т. е. начавъ съ нанесенія на планшетъ базиса, постепеннымъ переходомъ изъ одной точки въ другую съ мензулою получаютъ засѣчками всѣ пункты триангуляціи на одномъ листѣ.

Уменьшать масштабъ общей сѣти дозволяется не болѣе какъ въ 3 раза, ибо при перенесеніи пунктовъ съ общаго планшета на частные во столько же разъ будутъ увеличены и неизбѣжныя погрѣшности измѣренія линій на планѣ, и триангуляція не достигнетъ цѣли—дать вѣрныя опорныя точки для съемки подробностей. Положеніе перенесенныхъ пунктовъ сѣти необходимо провѣрить на мѣстности.

Если однако снимаемый участокъ настолько великъ, что требуется большое уменьшеніе масштаба общей сѣти, то это затрудненіе обходится тѣмъ, что, уменьшивъ масштабъ сѣти все-таки не болѣе какъ въ 3 раза, снимаютъ ее на нѣсколькихъ планшетахъ, которые затѣмъ и разбиваются на частные для съемки.

§ 62. Съемка контуровъ мензулою. Когда триангуляція составлена и нанесена на планшетъ, тогда приступаютъ къ съемкѣ контуровъ. При этомъ, смотря по условіямъ, представляемымъ мѣстностью, и удобствамъ, употребляютъ тотъ или другой изъ четырехъ способовъ, описанныхъ на стр. 163—171 части I.

Способъ засѣчекъ весьма часто употребляется при мензульной съемкѣ въ открытой мѣстности.

Способъ промѣровъ съ вѣхи на вѣху можно рекомендовать, между прочимъ, и съ цѣлію контроля сдѣланныхъ засѣчекъ и, конечно, въ мѣстности открытой. Этимъ способомъ (въ связи съ методомъ координатъ) нерѣдко поручаютъ помощнику снять селеніе, рѣчной берегъ и т. п. относительно оси, положеніе которой дано на мензулѣ.

¹⁾ Интересующимся способами перенесенія пунктовъ сѣти съ одного планшета на другой рекомендуется просмотрѣть эту статью въ части II *Курса Низшей Геодезіи* Н. Смирнова или часть I *Курса Низшей Геодезіи* А. Бисса, или Топографія—В. Витковского.

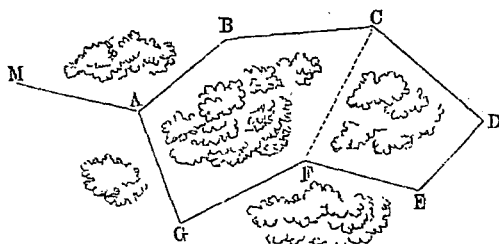
Съемка полярнымъ способомъ производится изъ одной точки стоянія и состоитъ въ нанесеніи на планшетъ направлений на главнѣйшіе изгибы контура и въ отложеніи на этихъ направленіяхъ ихъ длинъ.

Этотъ способъ имѣетъ особое значеніе въ открытой мѣстности или при съемкѣ лужаекъ въ лѣсу въ томъ случаѣ, когда съемщикъ располагаетъ кипрегелемъ-дальномъ-роумъ съ рейкою. Очевидно, что онъ выгоденъ по отношенію къ быстротѣ съемки.

Полярный способъ хотя тоже требуетъ мѣстности открытой, но имѣетъ преимущество предъ способомъ засѣчекъ, состоящее въ томъ, что нерѣдко рѣшаетъ вопросъ одною постановкою мензулы.

Способъ обхода употребляется для съемки лѣса, кустарника, дороги или ручья, пролегающихъ въ лѣсу, и во-

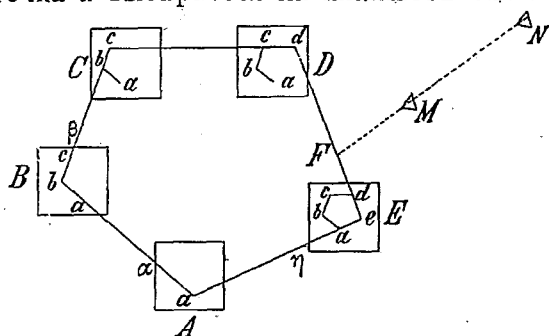
обще контура закрытаго (черт. 134). Онъ основанъ на томъ, что съемщикъ, слѣдуя по контуру, опредѣляетъ положеніе каждой послѣдующей точки стоянія мензулы *направленіемъ и промѣромъ отъ точки предыдущей*. Положимъ, что



Черт. 134.

для съемки контура кустарника положеніе точки *A* (черт. 135) на планшетѣ дано, пусть оно—*a*; если же этотъ контуръ долженъ быть снятъ отдѣльно, независимо отъ другихъ, то точка *a* выбирается на планшетѣ съемщикомъ такъ, чтобы

весь контуръ по соображенію могъ помѣститься на планшетѣ. Вставъ съ мензулою въ эту точку, съемщикъ ориентируетъ планшетъ или по имѣющимся на немъ точкамъ, или въ крайнемъ случаѣ по буссоли, визируетъ вдоль



Черт. 135.

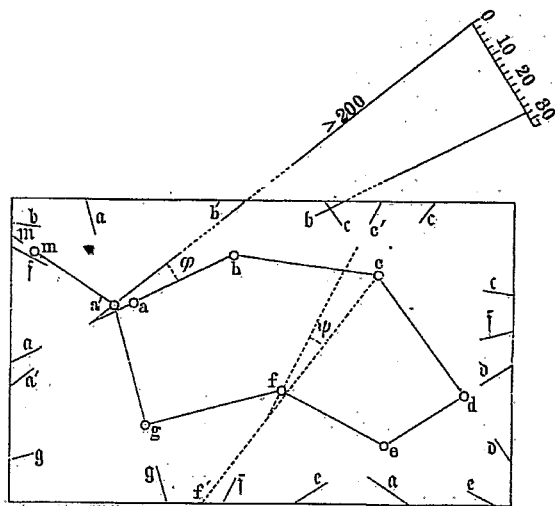
границы контура на вѣху *B* и прочерчиваетъ линію *aa*. Затѣмъ снимаетъ мензулу, ставитъ въ *A* вѣху, измѣряетъ цѣпью линію *AB* и методомъ координатъ снимаетъ точки изгиба контура, причемъ ведетъ абрисъ. Придя въ *B*, съем-

щикъ откладываетъ на планшетѣ, по масштабу, длину ab линіи AB , устанавливаетъ мензулу въ B надлежащимъ образомъ, ориентировать планшетъ снова на A , визируетъ вдоль границъ контура на вновь избранную точку C , прочерчиваетъ линію $b\beta$, снявъ мензулу, ставитъ на B въху и промѣряетъ BC , опуская на нее перпендикуляры изъ главныхъ изгибовъ контура. Поступая такимъ же образомъ, съемщикъ доходитъ до E , гдѣ, поставя мензулу и ориентировавъ планшетъ по cd по въху D , визируетъ чрезъ e на A и прочерчиваетъ линію $e\eta$. Послѣ этого измѣряетъ EA и откладываетъ ее по масштабу на $e\eta$.

Если бы съемка производилась съ совершенною точностью, то направленіе $e\eta$ должно было бы проходить чрезъ начальную точку a , и конецъ линіи EA , взятой по масштабу, долженъ былъ бы совпасть съ a ; но *вслѣдствіе неизбежныхъ погрѣшностей*, сдѣланныхъ при построеніи угловъ на планшетѣ, а также при измѣреніи линій и при нанесеніи ихъ на планшетъ, конечная точка обхода въ большинствѣ случаевъ не совпадаетъ съ начальною. Разстояніе ея отъ этой послѣдней, представляющее *невязку фигуры*, уничтожается по способу параллельныхъ линій, изложенному въ § 151, стр. 191 и 192, ч. I,

однако, предварительно убѣдившись въ томъ, что полученная невязка можетъ быть допущена; въ противномъ случаѣ надо обнаружить тотъ уголъ или ту сторону многоугольника, въ которыхъ слѣдуетъ предполагать грубую ошибку. За высшій предѣлъ невязки принимается при этомъ способѣ

$\frac{1}{100}$ периметра.



Черт. 136.

Для устраненія значительнаго накопленія погрѣшностей нужно заботиться о полученіи длинныхъ линій ориентированія для чего прочерчивать направленія на будущія точки стоянія и за сторонами рамки планшета (черт. 136); далѣе, если съ какой-нибудь точки стоянія напр., e , видѣнъ другой пунктъ, напр., f , то проводятъ изъ мензулы діагональ cf (или fc'), повѣряя положеніе точки f на c . Если также видѣнъ одинъ,

или, еще лучше, нѣсколько пунктовъ триангуляціи, то необходимо провѣрять точку стоянія обратной засѣчкой или *вновь определять ее по тремъ даннымъ* и, уничтоживъ оказавшуюся при этомъ допускаемую невязку, продолжать обходъ; наконецъ, для устраненія накопленія погрѣшностей въ одну сторону, полезно обходить первую половину контура такъ, чтобы онъ былъ вправо, а потомъ вернувшись къ той же начальной точкѣ обхода, обходить другую половину, держа контуръ влѣво. Вообще при употребленіи этого способа нужно пользоваться всѣмъ, что можетъ уменьшить накопленіе погрѣшностей, ибо ошибка въ положеніи какой-нибудь точки передается при этомъ способѣ цѣликомъ на точки послѣдующія.

Нельзя также пренебрегать и повѣркою по створамъ предметовъ. Это производится такъ: положимъ, что M и N суть данныя на планшетѣ (черт. 135) точки; тогда при измѣреніи на мѣстности линіи DE замѣчаютъ разстояніе точки F , лежащей на створѣ предметовъ M и N и сравниваютъ эту длину съ соотвѣтственною по планшету, что и послужитъ повѣркою.

Разсмотримъ пріемъ увязки фигуры, рекомендуемый нѣмецкими практиками. Такъ какъ измѣреніе сторонъ обойденнаго полигона всегда возможно довести до такого совершенства, при которомъ неизбѣжныя ошибки измѣренія линій окажутся значительно меньше точности масштаба съемки, то невязку въ фигурѣ обойденнаго полигона можно разсматривать, какъ накопленіе только однѣхъ неизбѣжныхъ погрѣшностей, сопровождающихъ построеніе угловъ на мензулѣ. Пусть, наприм., получалась невязка $a'a$ (черт. 136), вслѣдствіе чего, при ориентировкѣ мензулы по $a'g$ и визированіи на точку B , линія $a'b'$ уклонилась влѣво отъ ab на уголъ φ . Для уничтоженія невязки aa' или, что то же самое, угла φ , распредѣлимъ величину φ на n угловъ полигона, и исправимъ каждый, уменьшая его на величину $\varphi : n$. Это выполнится само собою, если мы сторону ab повернемъ вправо на $\varphi : n$, сторону bc — на $2\varphi : n$ и т. д., и наконецъ сторону ga' — на φ . Съ этой цѣлью, приложивъ сперва кипрегель къ линіи $a'b'$, провизируемъ на выставленную въ разстояніи 75—100 сажень (200 метровъ) отъ мензулы горизонтальную рейку, причемъ вращеніемъ планшета совмѣстимъ линію визирования съ нулемъ рейки. Послѣ чего переложимъ кипрегель къ линіи ab и, вновь визируя на рейку, сдѣлаемъ на ней отсчетъ ψ . Раздѣливъ затѣмъ ψ на n , снова вращаемъ доску до тѣхъ поръ, пока пересѣченіе нитей кипрегеля, приложеннаго къ ab , не придется на нуль рейки. Закрѣпивъ нажимательный (становой) винтъ мензулы, вращаемъ кипрегель около a до тѣхъ поръ, пока линія визирования не пройдетъ черезъ дѣленіе рейки $\psi : n$, на вновь прочерченной линіи отложимъ длину

ab, чрезъ что получится новое исправленное положеніе точки (*b*). Теперь приложимъ кипрегель къ линіи *bc*, вращеніемъ доски направимъ кипрегель на нуль рейки и доску закрѣпимъ, затѣмъ вращаемъ по доскѣ кипрегель около (*b*) и проводимъ новое направленіе *bc*, при условіи, что крестъ нитей кипрегеля при этомъ покрываетъ на рейкѣ дѣленіе $2\psi/n$. На вновь прочерченной линіи откладываемъ мѣру линіи *bc* и получаемъ новое исправленное положеніе точки (*c*). Такимъ же приемомъ продолжаемъ передвигать слѣдующія точки полигона на планшетѣ до тѣхъ поръ, пока не получится точка (*a*), совпадающая съ точкою *a*. При этомъ приемѣ не требуется строгой центрировки мензулы.

При измѣреніи линій на покатои мѣстности слѣдуетъ, при способѣ обхода, какъ и всегда, наносить ихъ горизонтальныя проложенія.

Когда отъ способа обхода не требуется высшая возможная точность, какъ, напр., въ лѣсныхъ съемкахъ (при отдѣленіи участковъ одинаковой породы, одинаковой густоты насажденія, одинаковаго возраста деревьевъ), тогда при съемкѣ границы *становятся съ мензулою черезъ вершину* многоугольника, ориентуруя при этомъ планшетъ въ каждой точкѣ стоянія *по буссоли* и измѣряютъ послѣдовательно длины всѣхъ сторонъ полигона *попарно*, напр., *AB* и *AF*, *CB* и *CD*, *ED* и *EF* и т. д.

Относительно примѣнимости отдѣльныхъ изложенныхъ въ предыдущемъ способовъ съемки контуровъ надо сказать, что способы засѣчекъ и полярный должны по возможности предпочитаться способу обхода, потому что при двухъ первыхъ положеніе каждой точки опредѣляется совершенно независимо отъ предыдущихъ, тогда какъ при способѣ обхода на положеніе слѣдующей точки влияетъ сумма неизбѣжныхъ погрѣшностей, вкравшихся въ опредѣленіе точекъ предыдущихъ. Кромѣ того, при способѣ засѣчекъ, получается горизонтальное проложеніе контура непосредственно, между тѣмъ способъ обхода требуетъ для этого введенія поправокъ во всѣ измѣренныя наклонныя линіи. Наконецъ, способъ промѣровъ съ вѣхи на вѣху, какъ наиболѣе точный, простой, удобный и позволяющій работать даже и въ менѣе благоприятную погоду, слѣдуетъ предпочитать всѣмъ остальнымъ.

Съемка контуровъ въ общей связи на данномъ участкѣ, на которомъ имѣется триангуляція, производится всѣми предыдущими способами, постепеннымъ переходомъ отъ одного контура къ другому, однако, точки каждаго контура опредѣляются по точкамъ сѣти по возможности, *независимо отъ точекъ другихъ контуровъ, во избѣжаніе накопленія погрѣшностей*¹⁾, причемъ иногда часть контура снимаютъ

¹⁾ Для необходимой ориентировки и для засѣчекъ, а также для способа створовъ (промѣровъ), пользуются каждый разъ точками геометрической сѣти, расположенными вблизи контура.

однимъ способомъ, а остальную часть его—другими способами, смотря по удобству и условіямъ, представляемымъ мѣстностью. На каждой точкѣ стоянія съемщикъ обязательно повѣряется на всѣ видимыя точки сѣти и вмѣстѣ съ тѣмъ располагаетъ свой ходъ съ инструментомъ такъ, чтобы можно было производить съемку вправо и влево и чтобы при меньшемъ числѣ переходовъ съ инструментомъ, то-есть, въ наименьшее время снять болѣе широкую полосу.

§ 63. Съемка мензудю на основаніи тригонометрической (или полигонометрической) сѣти. Иногда на мѣстности, на которой составляется геометрическая сѣть, имѣется уже готовая, составленная тригонометрическая (или полигонометрическая) сѣть; тогда базисъ геометрической сѣти не измѣряется, и нанесеніе на планшетъ точекъ геометрической сѣти производится по предварительно наложеннымъ на него (по вычисленнымъ координатамъ) пунктамъ тригонометрической (или полигонометрической) сѣти. Разстояніе между двумя изъ пунктовъ тригонометрической (или полигонометрической) сѣти принимается за базисъ геометрической сѣти, самое же нанесеніе этой послѣдней ничѣмъ не отличается отъ изложеннаго въ предыдущемъ.

§ 64. Нанесеніе горизонталей при мензульной съемкѣ. Нерѣдко одновременно съ горизонтальною съемкою ведется на мензулѣ и назначеніе горизонталей.

Здѣсь всецѣло примѣнима статья о выраженіи неровностей мѣстности на планахъ, изложенная въ отдѣлѣ о тахеометрической съемкѣ, въ § 41, 42, 49 и 50 ч. II.

Сперва опредѣляются высоты точекъ геометрической сѣти, а потомъ высоты станцій и, наконецъ, пикетовъ.

При опредѣленіи превышенія h одной точки надъ другою, по формулѣ $h = D \operatorname{tg} \alpha$, гдѣ D —горизонтальное проложеніе разстоянія между точками и α —уголъ наклоненія, не слѣдуетъ забывать, что ошибка W въ h прямо пропорціональна D , а потому слѣдуетъ заранѣе установить величину D для того, чтобы W не превосходило даннаго предѣла. Поэтому, если разстояніе D между точками геометрической сѣти значительно, напр., болѣе версты, то между точками сѣти назначаются *станціи* ¹⁾, положеніе которыхъ на мензулѣ опредѣляется или обратною засѣчкою, или по задачѣ Потенота; послѣ чего, взявъ первый пикетъ у воды, сперва опредѣляютъ альтитуду первой станціи, а затѣмъ уже альтитуду перваго сигнала (см. черт. 77 стр. 92).

При незначительныхъ разстояніяхъ между точками геометрической сѣти (отъ 150 до 350 саженой) *одно-*

¹⁾ Т. е. взаимное разстояніе между опорными пунктами (станціями и точками сѣти) уменьшается.

временно съ визированіемъ на точку сѣти (во время за-сѣчекъ) стремятся опредѣлить кипрегелемъ-высотомѣромъ и уголъ наклоненія вершины того сигнала, или той вѣхи, на которую дѣлается визированіе. Углы наклоненія и высота инструмента ¹⁾ записываются въ особый журналъ на каждой точкѣ стоянія съ мензулой. Обыкновенно рекомендуется измѣрять углы наклоненія точекъ сѣти съ такимъ расчетомъ, чтобы 1) наблюденія были *прямыми и обратными*, т. е. если, напр., измѣрялся уголъ наклоненія съ точки *M* на вершину сигнала точки *O* (черт. 132 и 133), то также былъ бы измѣренъ и уголъ наклона изъ точки *O* на вершину сигнала *M*, 2) съ каждой точки стоянія съ мензулой достаточно брать углы наклона на первую базисную точку *M* и на двѣ сосѣднія (съ точкой стоянія съ мензулой), 3) если первая *M* или вторая *O* базисныя вѣхи съ точки стоянія съ мензулой не видны, то слѣдуетъ ограничиваться такимъ подборомъ измѣренія угловъ наклоненія, чтобы образовался замкнутый многоугольникъ, для сторонъ котораго измѣрены прямые и обратные углы наклоненія. Напримѣръ: 1) изъ *M* на *O*, *N*, *и*, *S*, *R*, *у*, *V*, *T*, *х*, *P*, 2) изъ *O* на *M*, *х*, *T*, *N*, 3) изъ *Q* на *O*, *N* и *S*, 4) изъ *N* на *Q*, *R*, *V*, *у*, *M*, 5) изъ *S* на *Q* и *M*, 6) изъ *R* на *M*, *N*, *у*, 7) изъ *V* на *M* и *R*, 8) изъ *T* на *M* и *O*, 9) изъ *P* на *M* и *Q*.

При такомъ способѣ измѣренія угловъ, можно образовать или отдѣльные треугольники, *МОТ*, *МRV*, *ОХМ*, *УMR*, *ОQN*, *MQS*, или сомкнутый полигонъ *МОQNRVM*.

Для опредѣленія альтигудъ точекъ геометрической сѣти по формуламъ

$$h = Dtga + i - V \text{ (см. § 41 и 42 ч. II).}$$

$$H' = H + h,$$

гдѣ *h*—превышеніе, *i*—высота инструмента, *V*—высота сигнала, *H'*—альтитуда подошвы сигнала и *H*—альтитуда точки стоянія съ инструментомъ, *D*—разстояніе, измѣренное на планшетѣ по масштабу циркулемъ (для базиса—измѣренное въ полѣ), конечно достаточно было бы однихъ прямыхъ наблюденій, но для контроля и для избѣжанія накопленія погрѣшностей дѣлаются избыточные наблюденія. Такъ, если бы мы по первой указанной формулѣ вычислили превышенія точекъ: 1) *O* надъ *M* и обратно, 2) *Q* надъ *O* и обратно и т. д., и взяли бы изъ прямыхъ и обратныхъ наблюденій для каждой пары точекъ среднее арифметическое ²⁾, а затѣмъ взяли бы сумму превышеній (среднихъ арифметическихъ) въ замкнутомъ полигонѣ *МОQNRVM*, то она должна бы быть ноль (см. § 18, ч. II). Въ дѣйствитель-

1) Отъ земли до горизонтальной оси вращенія кипрегеля.

2) Каждое обратное наблюденіе не должно разниться отъ прямого на величину γ большую $2W = 2d \cdot t \cdot \sin 1' = (1/3438) \cdot 2d \cdot t$, гдѣ *d* есть разстояніе *OM* или *OQ*, а *t*—точность верньера (см. полный курсъ).

Мензульная (тахеометрическая) съемка съ нанесеніемъ горизонталей.

15 июля 1900 года.

ЖУРНАЛЪ НАБЛЮДЕНІЙ.

Названіе наблю- даемыхъ точекъ.	Отсчетъ а по рейкѣ	Отсчетъ на		Мѣсто нуля.	Уголъ х наклон.	Горизонт. разстояніе $d = a \cos^2 x$.	Превышен. $U = d \operatorname{tg} x$ при $(i = V)$.	Альтитуда.		Примѣчаніе.
		Верт. кругъ.	Горизон- тъ кругъ 1).					Станція.	Пикета.	
	Станція №	0.				Высота инструмента:		$i=0,67$	саж.	
Ст. I.	108	<i>Кр.</i> $0^{\circ}6'4''$	<i>Пр.</i> $328^{\circ}45'44''$	— $359^{\circ}58'$	$+1^{\circ}7'$	108,25	$+0,25$	10,00 с.	10,25	Длина V рейки = = 1,52 саж.
Ст. I.	108,5	<i>Кр.</i> $359^{\circ}50'52''$	<i>Лѣв.</i> $328^{\circ}45'46''$							
1.*)	45	$358^{\circ}4'4''$	$76^{\circ}32'33''$	—	$+1^{\circ}54'$	45	$+1,5$	—	10,25	*) На верш. рейки $i - V = -0,85$ саж.
2.	59	$0^{\circ}20'22''$	$174^{\circ}13'15''$	—	$+0^{\circ}23'$	59	$-0,4$	—	9,60	
3.	63	$359^{\circ}10'12''$	$283^{\circ}0'2''$	—	$+0^{\circ}47'$	63	$+0,8$	—	10,80	

1) При мензульной съемкѣ графа (отсчетъ на горизонтальномъ кругѣ) остается не заполненной.

ности этого не будетъ; если величина r , на которую при небольшихъ углахъ α сумма будетъ отличаться отъ нуля, не превыситъ величины $2\Sigma W = 2\Sigma D \cdot x'' : \sin 1'' = x'' \cdot \sin 1'' \cdot 2P$ (гдѣ P —периметръ многоугольника), то погрѣшность r разлагается пропорціонально разстоянію ¹⁾.

§ 65. **Повѣрка мензульной съемки.** При всѣхъ своихъ работахъ съемщикъ долженъ удостовѣряться въ правильномъ ихъ производствѣ. Хорошій результатъ повѣрки подбодряетъ съемщика къ производству болѣе затруднительной части работы, а неблагопріятный — обращаетъ своевременно вниманіе съемщика на существованіе недопускаемыхъ въ работѣ ошибокъ, которыя можно своевременно исправить и заставляетъ его относиться въ будущемъ къ съемкѣ съ большимъ тщаніемъ. Вслѣдствіе этого повѣрка съемки должна производиться не только по окончаніи, но и во время хода ея.

Повѣрка мензульной съемки въ мѣстности открытой состоитъ въ опредѣленіи на планшетѣ двухъ или нѣсколькихъ точекъ посредствомъ засѣчекъ съ данныхъ или, еще лучше, по тремъ даннымъ и въ *измѣреніи на мѣстности линий, соединяющихъ эти точки*. Промѣривъ каждую изъ этихъ линий и замѣтивъ на абрисѣ всѣ пересѣченія контуровъ, сравниваютъ полученные измѣренія съ соотвѣтственными длинами на планшетѣ. Если полученные при этомъ разницы не превышаютъ $\frac{1}{200}$ доли соотвѣтственной длины,

то съемка считается удовлетворительною. Для болѣе же легкой, но менѣе обстоятельной, повѣрки, ставятъ мензулу въ какомъ-нибудь хорошо опредѣленномъ на планшетѣ пунктѣ и визируютъ чрезъ него на дальномѣрную рейку, выставляемую въ различные пункты контуровъ. Уклоненіе прочерченной линіи визирования отъ соотвѣтственнаго пункта контура не должно превышать того же предѣла. Обыкновенно при повѣркѣ употребляютъ одновременно тотъ и другой пріемъ.

Повѣрка мензульной съемки въ мѣстности закрытой, какъ, напр., въ лѣсахъ, садахъ, селеніяхъ и т. п., состоитъ въ постановкѣ мензулы въ данный пунктъ и въ употребленіи способа обхода для опредѣленія имѣющихся на планшетѣ пунктовъ. Допускаемое уклоненіе есть $\frac{1}{100}$ пройденнаго хода.

1) См. 585 стр. *полнаго курса*, гдѣ указано, что $W = \frac{Dx \sin 1''}{\cos^2 \alpha} + \Delta t g \alpha$.

При $\alpha = 0^\circ - 3^\circ$, можно принять $W = Dx'' \cdot \sin 1''$, полагая, что Δ слишкомъ малая величина, близкая къ нулю, по сравненію съ $D \cdot x \cdot \sin 1''$.

$\frac{1}{\cos^2 \alpha}$ — ошибкой въ опредѣленіи угловъ наклоненія.

§ 66. Достоинства и недостатки мензульной съемки. Важное достоинство мензульной съемки состоитъ въ томъ, что планъ снимаемаго участка получается тутъ же, при производствѣ самой работы, не требуя для своего составленія особаго времени; далѣе, достоинствомъ служить также и то, что изъ всѣхъ инструментовъ мензула, и въ особенности въ соединеніи съ дальномѣромъ, наиболѣе удобна для съемки въ томъ отношеніи, что не требуетъ отъ съемщика умѣнья производить вычисленіе, которымъ въ большей или меньшей степени сопровождается работа съ угломѣрнымъ инструментомъ.

Недостаткомъ мензулы нужно прежде всего считать: 1) малую точность, что видно изъ того, что предѣльная ошибка ¹⁾ графическаго построенія ея угла мѣстности есть 7 минутъ ²⁾. Точность изображенія длины линіи на мензулѣ выражается дробью, которая не менѣе $\frac{1}{200}$, т. е. каждая

200 сажень на планшетѣ могутъ быть ошибочны на 1 сажень. Эти числовыя точности могутъ, вслѣдствіе накопленія погрѣшностей, еще увеличиться по мѣрѣ удаленія отъ базиса, такъ что на различныхъ мѣстахъ планшета онѣ различны. На точность также вліяетъ измѣняемость гигроскопическаго состоянія бумаги, происходящая отъ большей или меньшей влажности воздуха и посадки бумаги съ теченіемъ времени. Затѣмъ 2) къ недостаткамъ надо отнести то, что при перерисовываніи мензульнаго плана копіи получаютъ разъ отъ разу менѣе точныя. Это перерисовываніе можетъ быть допущено только при сохраненіи масштаба или при его уменьшеніи, а никакъ не при увеличеніи. Далѣе 3) необходимость употреблять при мензулѣ ея принадлежности, отдѣльныя отъ самаго инструмента, а также 4) большая громоздкость и вѣсъ сравнительно съ угломѣрными инструментами, транспортъ которыхъ гораздо удобнѣе, тоже не говорить въ пользу мензулы.

Г Л А В А III.

Перерисовка плановъ ³⁾.

§ 67. Общее понятіе. Если для составленія карты была предпринята точная инструментальная, напр., мензульная

¹⁾ Т. е. наивысшая допускаемая ошибка.

²⁾ Предѣльная ошибка равна утроенной средней ошибкѣ. Средняя ошибка въ построеніи направленія длиною въ 20 дюймовъ будетъ $\text{tg } x = 0,01 \text{ дюйм.} : 20 \text{ л.} = \frac{1}{2000}$ или $x' = \frac{1}{2000}$, откуда $x' = \frac{1}{2000} \times 3438$. Для угла ср. ошибка $y = x \sqrt{2}$, а предѣльная $3 y = 3 \sqrt{2} \times \frac{1}{2000} \times 3438 = 6,85 = 7'$.

³⁾ См. Н. Смирновъ, ч. II или А. Бикъ, ч. I—Курсъ Низшей Геодезіи.

съемка, то карта (или общій планъ) обыкновенно составляется въ болѣе мелкомъ масштабѣ. Для чего сперва на общемъ планѣ въ уменьшенномъ масштабѣ наносятъ точки съѣти, а затѣмъ уже каждый планшетъ перерисовывается въ уменьшенномъ видѣ на свое мѣсто. Хотя масштабъ на картѣ мѣняется, но онъ можетъ быть и сохраненъ, поэтому перерисовка можетъ быть произведена и съ сохраненіемъ оригинальнаго численнаго масштаба (уменьшенія), и съ измѣненіемъ его. При перерисовкѣ съ уменьшеніемъ масштаба работа сводится къ выбрасыванію подробностей и обобщенію контуровъ, т. е. къ сохраненію ихъ общаго вида и удаленію мелкихъ изгибовъ. При перерисовкѣ же съ сохраненіемъ масштаба, очертанія контуровъ не измѣняются.

§ 68. Перерисовка безъ измѣненія масштаба или *сводка чертежа* крайне проста; она дѣлается или съ помощью прозрачнаго коленкора (сводка на кальку), или съ помощью оконнаго стекла (которому придаютъ видъ наклоннаго стола — парты и нерѣдко называютъ копировальнымъ пультомъ), или съ помощію копировальной иглы (наколки).

а) *Перерисовка на кальку*. На перерисовываемомъ планѣ распрямляютъ кальку и прикрѣпляютъ ее вмѣстѣ съ нимъ къ столу кнопками; затѣмъ производятъ самую перерисовку, начиная ее съ рамки планшета или границы общей фигуры плана, притомъ прямо тушью и, если возможно, по линейкѣ. Послѣ этого уже приступаютъ къ перерисовкѣ деталей, *переходя постепенно отъ общихъ болѣе крупныхъ контуровъ къ частнымъ, т. е. къ мелкимъ*, составляющимъ крупные, дабы въ случаѣ нечаяннаго передвиженія кальки по плану, лучше можно было наложить ее на прежнее мѣсто и исправить происшедшую отъ этого невѣрность въ копированіи. Наконецъ, только по окончаніи перерисовки контуровъ дѣлается ихъ иллюминировка красками и подписываніе тушью. Для лучшей видимости, при употребленіи копии на калькѣ, подъ нее подкладываютъ бѣлую бумагу.

б) *Перерисовка посредствомъ копировальнаго пульта*. Копировальный пультъ состоитъ изъ толстаго зеркальнаго стекла, вставленнаго въ раму, и поворачивающагося вмѣстѣ съ этою послѣдней около осей 2—3 шарнировъ. Снизу рамы дѣлаются подпорки или ножки, посредствомъ которыхъ можно наклонять стекло по мѣрѣ надобности. При копированіи кладутъ на стекло оригиналъ, а на него бумагу, и производятъ перерисовку въ томъ же порядкѣ, какъ и въ предыдущемъ способѣ. Для большей видимости рисунка оригинала пультъ ставятъ у окна и спускаютъ у окна штору или закрываютъ верхнюю часть оконной рамы ставнями до верхняго края рамы пульта. Копировальнымъ пультомъ можно пользоваться и вечеромъ, причемъ источникъ свѣта (лампа, свѣча), помѣщается на полу.

с) *Перерисовка посредством копировальной иглы* (накол-ки) состоитъ въ томъ, что всѣ вершины угловъ и поворот-ныя точки криволинейныхъ фигуръ контуровъ оригинала, переносятся помощью проколовъ, дѣлаемыхъ тонкою иглою, на бумагу, прикрѣпленную неподвижно *подъ оригиналомъ*. По окончаніи всего перенесенія оригиналъ снимается и на-колотыя на копіи точки соединяются прямыми или кривыми линиями въ томъ порядкѣ, какъ онѣ идутъ на оригиналѣ. При этомъ способѣ копирования должно держать наколку возможно перпендикулярнѣе къ бумагѣ. Такимъ путемъ можно получить сразу нѣсколько копій, но однако не бо-лѣе четырехъ, потому что въ противномъ случаѣ легко вкрадутся невѣрности въ длинахъ линий вслѣдствіе не-перпендикулярности иглы къ плоскости бумаги. Этотъ спо-собъ перерисовки хуже двухъ предыдущихъ тѣмъ, что че-резъ накалываніе портится оригиналъ.

§ 69. *Перерисовка съ измѣненіемъ масштаба*. Здѣсь различа-ютъ два случая: измѣненіе линейное и измѣненіе по площади. Въ случаѣ линейнаго измѣненія, всѣ линіи копіи должны быть или болѣе, или менѣе (въ опредѣленное число разъ) соот-вѣтственныхъ линій оригинала. Иногда же требуется, что-бы площадь копіи была вдвое, втрое, или вообще n разъ болѣе или менѣе площади оригинала. Въ обоихъ этихъ случаяхъ очевидно можно считать оба масштаба, какъ мас-штабъ оригинальнаго плана, такъ и масштабъ копіи заранѣе извѣстными, и если одинъ изъ нихъ не данъ прямо, то онъ всегда можетъ быть опредѣленъ изъ условія заданія; такъ, если масштабъ оригинала есть $\frac{1}{M}$ и если данное от-ношеніе длины линій копіи къ соотвѣтственнымъ линіямъ оригинала будемъ обозначать всегда черезъ $\frac{k}{o}$, то мас-штабъ $\frac{1}{m}$ копіи опредѣлится изъ пропорціи

$$k : o = \frac{1}{m} : \frac{1}{M},$$

откуда

$$\frac{1}{m} = \frac{1}{M} \frac{k}{o}; \text{ напр., при } \frac{1}{M} = \frac{1}{8400} \text{ и } \frac{k}{o} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{1}{m} = \frac{1}{8400} \frac{1}{5} = \frac{1}{42000},$$

т. е. копія должна быть изготовлена въ верстовомъ мас-штабѣ. Очевидно, что случай перерисовки чертежа съ из-мѣненіемъ площади можетъ быть всегда сведенъ на случай линейнаго измѣненія. Дѣйствительно, площади подобныхъ фигуръ относятся между собою, какъ квадраты ихъ сход-

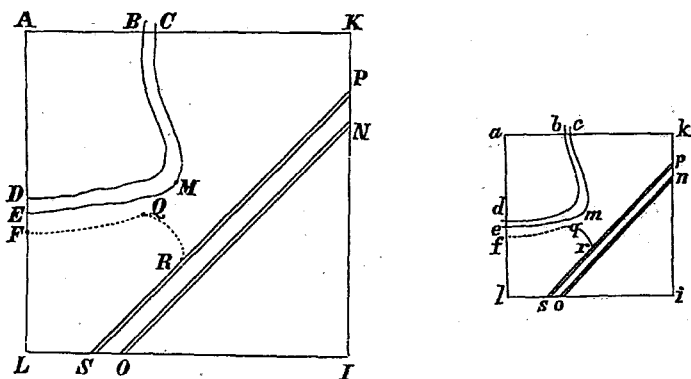
ственныхъ сторонъ, а потому, обозначивъ площади фигуръ копии и оригинала черезъ p и P , а сходственные ихъ стороны—черезъ a и A , имѣемъ

$$\frac{p}{P} = \frac{a^2}{A^2} = \left(\frac{k}{o}\right)^2.$$

Откуда $\frac{k}{o} = \sqrt{\frac{p}{P}}$ наприим. если дано $\frac{p}{P} = \frac{1}{5}$, то $\frac{k}{o} = \frac{1}{\sqrt{5}} = \frac{1}{2,24}$.

Перерисовка съ измѣненіемъ масштаба оригинала производится двумя способами: или геометрически, или механически (особыми приборами, называемыми *пантографами*).

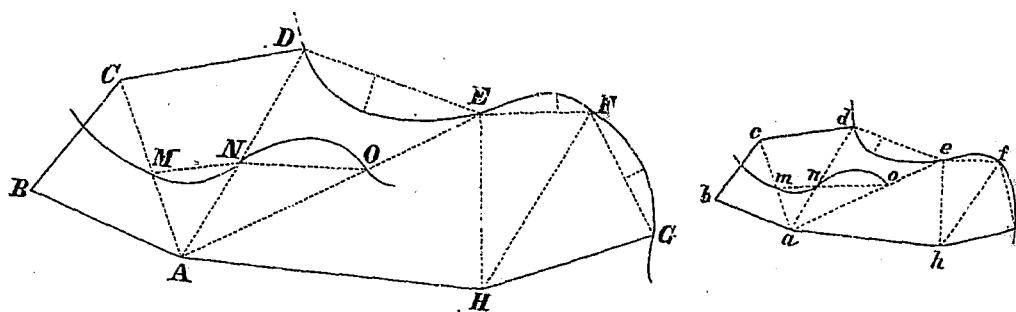
Въ *первомъ случаѣ* перерисовка дѣлается разбивкою оригинала и копии или' на квадраты, или на треугольники, отношеніе сторонъ которыхъ = данному отношенію длинъ линій копии и оригинала. Длина сторонъ квадратовъ зависитъ отъ размѣровъ контуровъ, которые придется перерисовывать: чѣмъ они мельче, чѣмъ меньше и стороны квадратовъ; вообще же эти стороны должны быть таковы, чтобы чертежнику не трудно было дѣлать перерисовку на глазъ, руководствуясь небольшимъ числомъ точно перенесенныхъ на копию точекъ. Пусть, напр. *akil* (черт. 137) есть



Черт. 137.

квадратъ копии, *AKIL*—квадратъ оригинала, то перерисовку начинаютъ съ того, что на сторонахъ квадрата копии откладываютъ разстоянія: $ab, ac... ad, ae, af... kp, kn... ls, lo...$, представляющія на оригиналѣ разстоянія $AB, AC... AD, AE, AF... KP, KN... LS, LO...$, уменьшенные въ заданное число разъ; затѣмъ засѣчками съ вершинъ квадрата или промѣрами по линіямъ контуровъ опредѣляютъ на копии точки $m, q, r...$ соотвѣтствующія точкамъ $M, Q, R...$ поворотовъ контуровъ. Наконецъ, точки копии соединяютъ отъ руки въ той послѣдовательности, въ какой соединены соотвѣтствен-

няя точки на оригиналь. Къ слѣдующему квадрату переходятъ не иначе, какъ окончивъ перенесеніе всѣхъ контуровъ предыдущаго квадрата. Если нельзя портить оригиналь построениемъ на немъ сѣти квадратовъ, то накладываютъ на него такую же сѣть, построенную только на калькѣ, которую прикрѣпляютъ къ оригиналу возможно надежнее. Когда перерисовкѣ подлежитъ отдѣльный многоугольникъ или длинный, растянутый криволинейный контуръ, то его можно разбивать на треугольники. Положимъ, что надо перерисовать фигуру $ABCDGH$ (черт. 138), часть которой между точками D и G ограничена кривою линіею. Въ этомъ случаѣ на кривой оригинала выбираютъ двѣ точки



Черт. 138.

E и F , соединяютъ точки D , E , F и G прямыми линіями и разбиваютъ данную фигуру діагоналями на треугольники. Перерисовка начинается съ одного изъ среднихъ треугольниковъ, напримѣръ, AEN , для того, чтобы уменьшить вліяніе накопленія въ одну сторону погрѣшностей построенія.

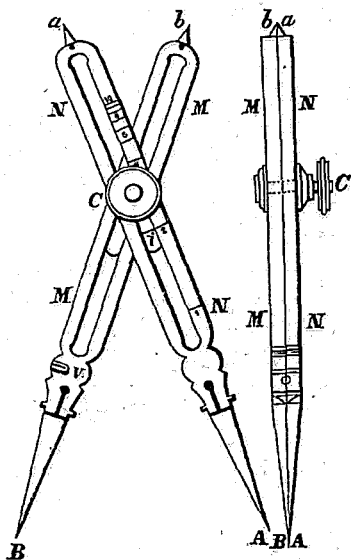
Подобнымъ же образомъ наносятся и подробности внутри треугольниковъ оригинала, какъ напримѣръ, линіи MNO . При увеличеніи даннаго оригинала перерисовка можетъ сопровождаться значительными неточностями, которыя произойдутъ отъ увеличенія неизбежныхъ погрѣшностей перенесенія при томъ во столько разъ, во сколько линіи копій болѣе линій оригинала. Поэтому при увеличеніи плана рекомендуется не перерисовка, а новое составленіе по тѣмъ числовымъ даннымъ, которыя на немъ имѣются (для чего мензурный планшетъ, а слѣдовательно и мензурная съемка, не пригодны).

§ 70. Приспособленія, употребляемыя для перерисовки плановъ въ данномъ линейномъ измѣненіи, при геометрическомъ способѣ. Эти приспособленія—діаграмма или пропорціональный циркуль. а) *Диаграмма* состоитъ изъ треугольника ABC (черт. 139), стороны котораго BC и AC находятся въ отношеніи $k:o$ (линіи копій къ линіи оригинала). Сторона AC разбита на

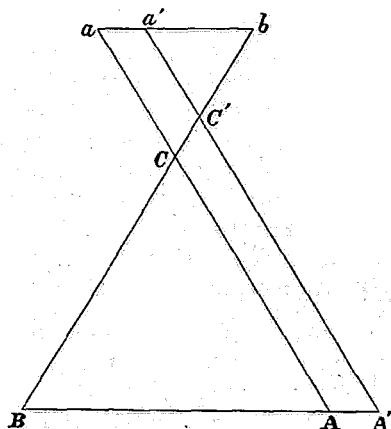
части линиями, параллельными сторонам BC и отстоящими другъ отъ друга примѣрно на 0,1 дюйма. Чтобы уменьшить линию оригинала въ данномъ отношеніи $k:o$, берутъ линию оригинала въ циркуль и ставятъ одну изъ его ножекъ въ точку A ; тогда другая ножка, положимъ, помѣстится въ точкѣ M , послѣ этого повертываютъ циркуль около M и приближаютъ другую ножку къ M настолько, чтобы она остановилась въ точкѣ N , на линіи MN , параллельной BC . Раствореніе MN ножекъ циркуля очевидно представитъ длину AM , уменьшенную въ данное число разъ, такъ какъ отношеніе

$$\frac{MN}{AM} = \frac{BC}{AC} = \frac{k}{o}.$$

б) *Пропорціональный циркуль*¹⁾ состоитъ изъ двухъ равныхъ между собою ножекъ, въ видѣ пластинокъ M и N



Черт. 140.



Черт. 141.

(черт. 140) съ продольными въ нихъ прорѣзами; ножки вращаются около общей оси C , снабженной навинчивающею-

¹⁾ Пропорціональный циркуль изобрѣтенъ Ю. Бюржи (род. въ 1552 г., ум. въ 1632 г.).

ся на нее гайкою и оканчиваются остріями A, B, a и b . Ось C можетъ быть передвигаема вдоль прорѣзовъ, если только предварительно сдвинуть вмѣстѣ ножки и ослабить гайку C оси. Чтобы во время этого передвиженія ножки циркуля не могли скользнуть одна вдоль другой, на ножкѣ M сдѣланъ небольшой выступъ V , а на ножкѣ N соотвѣтственное углубленіе.

Устройство и употребленіе пропорціональнаго циркуля основано на томъ геометрическомъ началѣ, что если для двухъ пересѣкающихся линій Aa и Bb (черт. 141) имѣемъ $AC=BC$ и $Ca=Cb$, то $CB:Cb=CA:Ca$, а потому треугольники ABC и abC подобны и отношеніе $Ca:CA=ab:AB=k:o$, т. е., если Ca составляетъ какую-нибудь опредѣленную долю отъ CA , напр., если отношеніе $Ca:CA$ равно данному отношенію $k:o$, то ту же долю будетъ составлять линія ab отъ AB , т. е. отношеніе $ab:AB$ тоже будетъ равно отношенію $k:o$. Передвинувъ точку пересѣченія изъ C въ C' такъ, чтобы $C'a'=C'b'$, будемъ имѣть:

$$C'a':C'A'=a'b':A'B$$

и отношеніе $a'b':A'B$ уже не будетъ равно предыдущему отношенію $k:o$, а какому нибудь другому $k':o'$.

Такъ какъ отношеніе $CA:Ca$ должно быть равно данному отношенію $k:o$, то нужно знать то мѣсто на ножкахъ циркуля, на которое слѣдуетъ установить его ось C , чтобы раствореніе AB относилось къ растворенію ab , какъ $k:o$. Это достигается тѣмъ, что на пластинкѣ N съ лицевой ея стороны дѣлаютъ штрихи, подписанные цифрами отъ 1 до 10 (а иногда и до 12), и вмѣстѣ съ осью C передвигается указатель i , который можетъ быть приведенъ въ совпаденіе съ надлежащимъ штрихомъ (напр., на штрихѣ 3, если отношеніе $ab:AB$ должно быть равно 1:3).

Назначеніе мѣстъ штриховъ, служащихъ для установки циркуля при уменьшеніи линій, дѣлается на основаніи слѣдующаго: обозначимъ длину всей ножки Aa , которую можно всегда измѣрить непосредственно, черезъ d , а части ея Ca и CA , соотвѣтствующія заданному отношенію $k:o$, черезъ α и β , тогда имѣемъ: $\alpha = d - \beta$ и

$$\frac{\alpha}{\beta} = \text{или} \frac{d - \beta}{\beta} = \frac{k}{o};$$

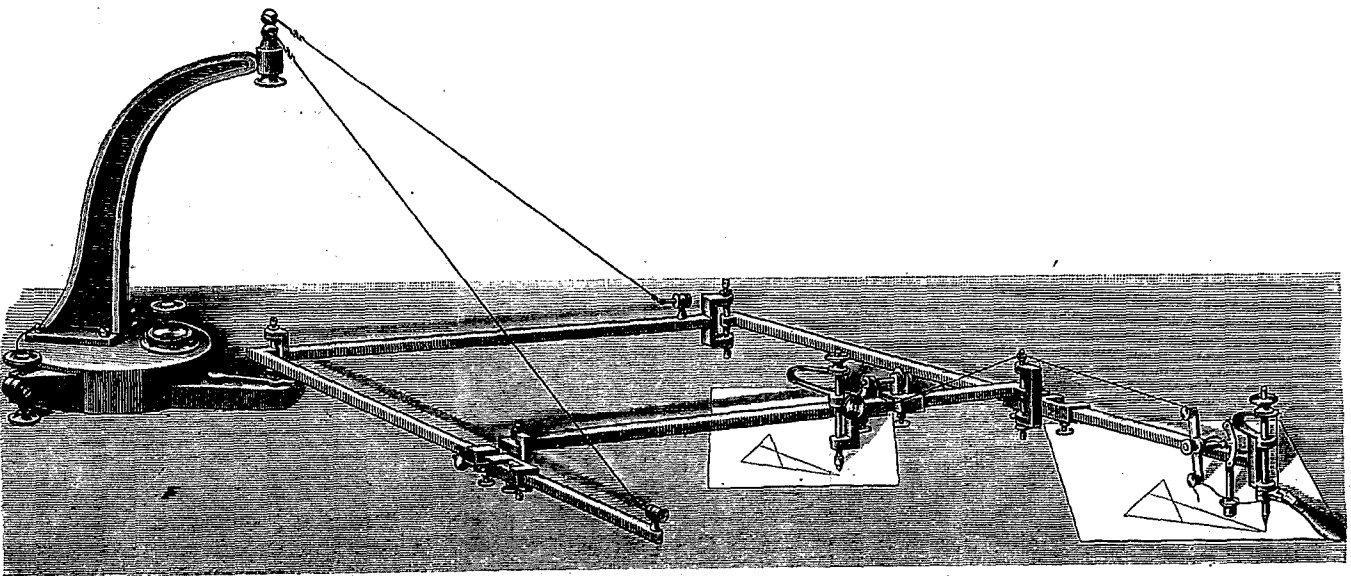
откуда

$$\beta = d \frac{o}{o + k} = d \frac{1}{1 + \frac{k}{o}}.$$

Если изъ β вычтемъ разстояніе указателя i отъ центра C , которое тоже можно измѣрить непосредственно, то получимъ мѣсто для штриха, соотвѣтствующаго данному уменьшенію.

Иногда, кромѣ только что указанныхъ штриховъ по одну сторону прорѣза и подписанныхъ словомъ „Линія“, по другую сторону того же прорѣза имѣются еще штрихи, служащіе для вписыванія въ окружность даннаго радіуса правильныхъ многоугольниковъ съ 5, 7, ... сторонами и подписанные слсвомъ „Кругъ“. Употребленіе этихъ послѣднихъ штриховъ таково: положимъ, что въ окружность даннаго радіуса надо вписать правильный семиугольникъ; ставятъ указатель *i* на штрихъ 7 и дѣлаютъ раствореніе *AB* равнымъ данному радіусу, тогда раствореніе *ab* выразитъ длину стороны семиугольника.

§ 71. Механическій пріемъ перерисовки плановъ и картъ. Пантографъ. Болѣе быстрое *механическое* перечерчиваніе фигуръ какъ прямолинейныхъ, такъ и криволинейныхъ, въ измѣненномъ масштабѣ достигается крайне простымъ по устройству приборомъ—*пантографомъ* (всечертящимъ). Онъ изобрѣтенъ іезуитомъ Христофоромъ Шейнеромъ въ 1603 году. Въ простѣйшемъ видѣ пантографъ представляетъ параллелограммъ изъ четырехъ линеекъ (деревянныхъ или металлическихъ) съ шарнирами въ вершинахъ параллелограмма. Эти 4 вершины *дозволяютъ линейкамъ параллелограмма мѣнять взаимное положеніе, оставаясь неизмѣнными по своей длинѣ*. Въ прежнее время пантографъ помѣщался на роликахъ (на колѣсикахъ), катавшихся по плану; въ настоящее время пантографы подвѣшиваютъ такъ, чтобы по оригиналу двигалась только одна точка (обводный шпиль), а по копіи—другая точка (карандашъ) пантографа (черт. 142). Достигается это тѣмъ, что всѣ 4 рычага линейки подвѣшиваются при помощи двухъ струнъ-проволокъ къ вершинѣ изогнутаго стержня тяжелой круглой подставки (*изъ клюву журавля*), снабженной двумя подъемными винтами и круглымъ уровнемъ для правильной установки пантографа. Внизу одной изъ четырехъ вершинъ параллелограмма (на чертежѣ лѣвой) ввинченъ коническій стержень, оканчивающійся внизу шарикомъ, вкладывающимся въ углубленіе (мѣсто полюса) горизонтальнаго выступа тяжести; стержень застегивается сверху выступа крючкомъ и служитъ вертикальною осью вращенія пантографа, шарикъ же *остается во все время употребленія на одномъ и томъ же мѣстѣ*, т. е. является неподвижной точкой, почему и называется *полюсомъ*. Собственно осью вращенія служить отвѣсная линія, соединяющая клювъ журавля съ центромъ шарика. Во время употребленія пантографа верхнія поверхности линеекъ (рычаговъ) параллелограмма должны быть горизонтальны. Установка рычаговъ въ горизонтальное положеніе достигается помощью маленькаго цилиндрическаго уровня, накладываемаго на рычаги, измѣненіемъ длинъ проволокъ (на которыхъ виситъ система линеекъ), оканчивающихся у поверхности рычаговъ особыми вращающимися горизонтальными



провести окружность радиуса AB , а изъ точки S' окружность радиуса SB . Пересѣченіе окружностей дасть точку B' —новое положеніе шарнира B . Отложивъ по линіи $B'S'$ длину BC , получимъ положеніе C' для шарнира C . Наконецъ проводя изъ A и C' параллели къ прямымъ AB' и $B'C'$, получимъ положеніе вершины D въ точкѣ D' . Для опредѣленія новаго положенія Q' карандаша Q на линіи $C'D'$, отложимъ отъ C' длину $C'Q' = CQ$. Вслѣдствіе параллельности линеекъ AB и DC , треугольники ABS и QCS подобны, а потому

$$\frac{AB}{QC} = \frac{BC}{CS} = \frac{AS}{QS} \dots \dots \dots (I)$$

Замѣняя въ этой пропорціи AB черезъ $\frac{AB'}{BS}$, а QC черезъ $\frac{Q'C'}{CS}$, получимъ

$$\frac{AB'}{Q'C'} = \frac{B'S'}{C'S'} = \frac{AS}{QS} \dots \dots \dots (II)$$

По условію линія AB' параллельна $D'C'$, т. е. уголъ $AB'S' =$ углу $D'C'S'$. Вслѣдствіе этого можно сказать, что два треугольника ABS' и $Q'C'S'$ имѣютъ по равному углу B' и C' , заключенному между пропорціональными сторонами, а потому они подобны, и третьи стороны AS' и $Q'S'$, составляя одну прямую линію $AQ'S'$, находятся въ томъ же отношеніи, что и AB' съ $Q'C'$ или $B'S'$ съ $C'S'$, т. е. $AS':Q'S' = B'S':C'S'$. По равенствамъ (II) отношеніе этихъ послѣднихъ сторонъ равно отношенію $AS:QS$ и, слѣдовательно, $AS':Q'S'$ также равно тому же отношенію $AS:QS$, т. е. существуетъ пропорція:

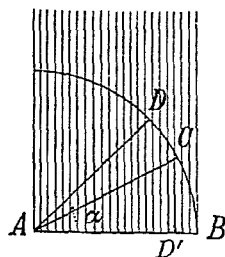
$$\frac{AS}{QS} = \frac{AS'}{Q'S'}.$$

Такимъ образомъ условіе, что шпиль, карандашъ и полюсъ всегда должны лежать въ одной отвѣсной плоскости или въ проекціи на бумагѣ на одной прямой, выполняется и послѣ передвиженія шпиля S . Далѣе по чертежу видно, что треугольники ASS' и AQQ' имѣютъ по общему углу A , заключенному между пропорціональными сторонами, а потому они подобны. Изъ подобія слѣдуетъ, что SS' параллельно QQ' и $SS':QQ' = AS:AQ$. Прямая SS' есть линія оригинала, QQ' —линія копіи, и мы теперь можемъ сказать, что карандашъ чертитъ линіи, параллельныя линіямъ оригинала, иначе говоря, даетъ фигуры, подобныя даннымъ на оригиналѣ. Обозначимъ постоянныя длины BS и AB черезъ d и δ , и переменныя CS и CQ , зависящія отъ мѣстъ S шпиля и Q карандаша, черезъ x и y . Зная отношеніе $\frac{o}{k}$ линіи оригинала къ линіи копіи, напр., полагая его $= 2,3, \dots$

они не могли измѣнять положенія во время перерисовки. Въ этомъ убѣждаются, отъ времени до времени помѣщая обводный шпиль опять въ три вершины рамки оригинала. Тяжесть журавля бываетъ иногда недостаточна, тогда основаніе журавля прихватывается особыми скобками (струбцинками) къ столу. Если оригиналъ настолько великъ, что не можетъ быть перерисованъ заразъ, то копируютъ его по частямъ.

Замѣчаніе. Въ послѣднее время, благодаря тому, что при помощи объектива фотографической камеры легко достигается уменьшеніе размѣровъ оригинала, для перерисовки картъ получила большое примѣненіе фотографія ¹⁾; при этомъ съ оригинала въ масштабѣ 250 саж. въ дюймѣ сперва дѣлаютъ снимокъ съ линейнымъ уменьшеніемъ въ 3 раза, т. е. $1\frac{1}{2}$ версты въ дюймѣ, а затѣмъ съ копіи еще въ 2 раза, т. е. уже 3 версты въ дюймѣ.

§ 73. О выраженіи неровностей мѣстности штрихами на картахъ и планахъ. Если на планѣ имѣются уже горизонталы, то для бѣльшей наглядности рельефа мѣстности, саксонскій майоръ Леманъ предложилъ вычерчивать промежутки между горизонталями штрихами ²⁾. Главное основаніе способа Лемана состоитъ въ слѣдующемъ: Леманъ предполагаетъ, что изображаемая мѣстность освѣщена отвѣсными лучами; вслѣдствіе чего легко усмотрѣть изъ прилагаемаго чертежа 145, что чѣмъ больше уголъ α наклоненія линіи AC мѣстности, тѣмъ слабѣе она освѣщена, т. е. тѣмъ меньшее количество свѣтовыхъ лучей падаетъ на нее ³⁾, а потому Леманъ требуетъ, чтобы



Черт. 145.

толщина штриховъ или густота тѣни выражала крутизну ската, и направленіе штриховъ—направленіе ската. Мѣстности, имѣющія углы наклоненія въ 45° и болѣе, какъ недоступны для войскъ, Леманъ предложилъ сплошь покрыть тушью. Для мѣстностей менѣе крутыхъ, для того, чтобы толщина штриховъ соотвѣтствовала углу наклоненія, Леманъ ввелъ условіе, что толщина штриховъ должна относиться къ промежутку между штрихами, какъ уголъ наклоненія линіи мѣстности къ дополненію его до 45° .

Кромѣ того, всѣ углы наклоненія до 45° Леманъ раздѣлилъ на 8 разрядовъ, по 5° въ каждомъ. На основаніи сказаннаго, будемъ имѣть:

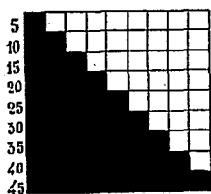
¹⁾ См. Витковскій „Практическая Геодезія“, глава XVII. Изданіе картъ.

²⁾ Этотъ способъ заполнения горизонталей штрихами иногда называютъ *шраффировкой* или еще—*ситуаціоннымъ черченіемъ*.

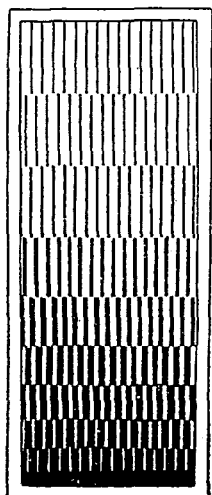
³⁾ Количество это характеризуется проекціей AD' линіи AC на AB , т. е. $AD' = AC \cdot \cos CAB = \cos \alpha$, если $AB = AC = AD = 1$.

для 5°	толщ.	штрих.	относ.	къ	пром.	между	ними,	какъ	5 : 40 = 1 : 8
" 10°	"	"	"	"	"	"	"	"	10 : 35 = 2 : 7
" 15°	"	"	"	"	"	"	"	"	15 : 30 = 3 : 6
" 20°	"	"	"	"	"	"	"	"	20 : 25 = 4 : 5
" 25°	"	"	"	"	"	"	"	"	25 : 20 = 5 : 4
" 30°	"	"	"	"	"	"	"	"	30 : 15 = 6 : 3
" 35°	"	"	"	"	"	"	"	"	35 : 10 = 7 : 2
" 40°	"	"	"	"	"	"	"	"	40 : 5 = 8 : 1
" 45°	"	"	"	"	"	"	"	"	$\frac{45}{0} = \infty$.

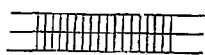
Изъ этой таблицы видно, что если на бумагѣ представимъ себѣ мѣсто шириною въ девять какихъ нибудь единицъ, то, для покатостей 5°, одна единица должна быть покрыта тушью, а 8 единицъ — непокрытыми (черт. 146); для покатости въ 20° на томъ же мѣстѣ бумаги 4 единицы должны быть покрыты тушью, а 5 единицъ остаются непокрытыми и т. д., или иначе, для покатостей 5°, промежутокъ между двумя штрихами = 8 пятиградуснымъ штрихамъ, а толщина штриха одной единицы. На этомъ началѣ и построена шкала штриховъ Лемана. Она изображена на чертежѣ 147. Чтобы направление штриховъ выражало направление скатовъ, для этого штрихъ долженъ ставиться перпендикулярно къ горизонталямъ. Вслѣдствіе этого, если покатость представляетъ наклонную плоскость, то горизонталями она изобразится въ видѣ прямыхъ параллельныхъ линій и штрихами въ видѣ прямыхъ, перпендикулярныхъ къ горизонталямъ (черт. 148). Коническая вогнутая поверхность изображается чертежемъ 149. Если покатость имѣетъ форму выпуклую, какъ, напримѣръ въ горныхъ хребтахъ, или вогнутую, какъ напримѣръ, въ лощинахъ, то штрихами эти формы неровностей земной поверхности представляются въ видѣ кривыхъ линій: для хребтовъ — расходящихся отъ верхнихъ своихъ концовъ къ нижнимъ (черт. 150), а для лощинъ — сходящихся къ нижнимъ горизонталямъ (черт. 151 и 151 bis). Сѣдловина изображена штрихами на чертежѣ 152. При черченіи картъ штрихами



Черт. 146.



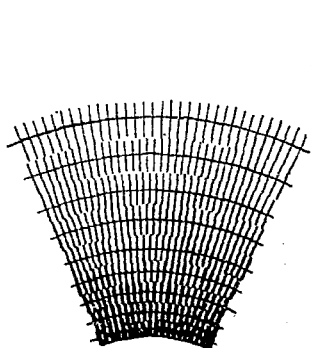
Черт. 147.



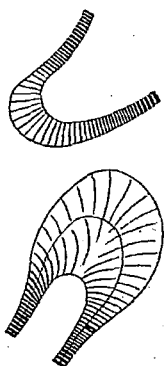
Черт. 148.

верхность изображается чертежемъ 149. Если покатость имѣетъ форму выпуклую, какъ, напримѣръ въ горныхъ хребтахъ, или вогнутую, какъ напримѣръ, въ лощинахъ, то штрихами эти формы неровностей земной поверхности представляются въ видѣ кривыхъ линій: для хребтовъ — расходящихся отъ верхнихъ своихъ концовъ къ нижнимъ (черт. 150), а для лощинъ — сходящихся къ нижнимъ горизонталямъ (черт. 151 и 151 bis). Сѣдловина изображена штрихами на чертежѣ 152. При черченіи картъ штрихами

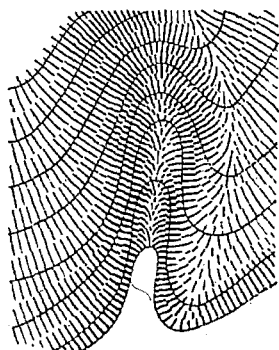
принято, при масштабѣ 50 саж. въ дюймѣ, помѣщать на одномъ дюймѣ 15 штриховъ пятиградусныхъ, при масштабѣ



Черт. 149.

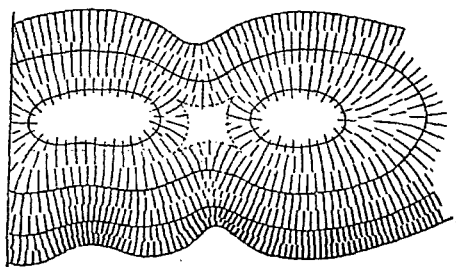


Черт. 150—151.



Черт. 151 bis.

100 саж. — 20 штриховъ при масштабѣ 150 саж. — 30 штриховъ, при масштабѣ 250 саж. — 35 штриховъ и при масштабѣ 500 саж. — 40 штриховъ.



Черт. 152.

Шкала штриховъ Военно-топографическаго Отдѣла Главнаго Штаба. Упрекъ, который можно сдѣлать шкалѣ Лемана, состоитъ въ томъ, что въ ней слишкомъ много подраздѣлений для покатостей крутыхъ и мало для покатостей

отлогихъ. Дѣйствительно, для покатостей до 10° только два отдѣла, между тѣмъ въ Россіи чаще встрѣчаются покатости отлогія, до 10° . Вслѣдствіе чего шкала Лемана болѣе пригодна для странъ гористыхъ, какъ, напр., для Саксоніи, называемой нѣмецкой Швейцаріею. Глазъ человѣка иначе различаетъ покатости отлогія, чѣмъ крутыя и недоступныя. Отлогія покатости чаще встрѣчаются и имѣютъ большее вліяніе на передвиженіе отдѣльных лицъ, какъ пѣшкомъ, такъ и въ экипажѣ. Недостатокъ шкалы Лемана побудилъ сперва *Болотова*, а затѣмъ Военно-топографическій отдѣлъ Главнаго Штаба замѣнить шкалу Лемана такою новою шкалою, гдѣ было бы больше подраздѣлений для отлогихъ покатостей. Въ основаніе шкалы штриховъ Военно-топографическимъ отдѣломъ принято слѣдующее положеніе: *трудность восхожденія на какую-нибудь покатость пропорціональна $\tan$ угла наклоненія этой покатости.*

Такъ, если трудность восхожденія на одну покатость обозначимъ черезъ K , а трудность восхожденія на другую черезъ K' , то углы наклоненія должны быть опредѣлены такъ, чтобы они удовлетворяли пропорціи:

$$K' : K = \operatorname{tg} \alpha' : \operatorname{tg} \alpha.$$

Наименьшая покатость, различаемая въ шкалѣ Военно-топографическаго отдѣла, есть 1° ; но $\operatorname{tg} 1^\circ = \frac{1}{57}$, наибольшій

же уголъ наклоненія этой шкалы равенъ 45° , а $\operatorname{tg} 45^\circ = 1$. Между этими предѣлами вставляются еще 8 разрядовъ, такъ что *всѣхъ разрядовъ* въ шкалѣ Военно-топографическаго отдѣла Главнаго Штаба—десять. Десять разрядовъ этой шкалы должны быть таковы, чтобы tg -ы ихъ составили слѣдующую геометрическую прогрессию: $\div \operatorname{tg} 1^\circ : a : b : c : d : e : f : g : h : \operatorname{tg} 45^\circ$. Опредѣлимъ теперь 8 разрядовъ шкалы, заключающихся между 1° и 45° , другими словами, опредѣлимъ знаменатель прогрессіи, для чего обратимся къ общей формулѣ послѣдняго члена геометрической прогрессіи. Если α —первый членъ прогрессіи, π —послѣдній, q —знаменатель, n —число членовъ, то имѣемъ:

$$\pi = \alpha q^{n-1}$$

откуда:
$$q = \sqrt[n-1]{\frac{\pi}{\alpha}};$$

дѣлая здѣсь $n = 10$, $\pi = \operatorname{tg} 45^\circ$, $\alpha = \operatorname{tg} 1^\circ$, и вычисляя q , получимъ:

$$q = 1,568.$$

Зная теперь знаменатель q , опредѣлимъ всѣ промежуточные члены прогрессіи:

$$\div \frac{1}{57} : a : b : c : d : e : f : g : h : 1,$$

а по нимъ опредѣлимъ и соотвѣтствующие имъ углы наклоненія. Вотъ значенія величинъ этихъ угловъ:

Углы накл.: 1° , $1\frac{1}{2}^\circ$, $2\frac{1}{2}^\circ$, 4° , 6° , 10° , 15° , 22° , 33° , 45° .

Въ системѣ Болотова углы были даны произвольно: но они очень близко подходятъ къ системѣ Главнаго Штаба; вотъ эти углы: 1° , 2° , 4° , 7° , 11° , 16° , 23° , 32° , 45° . При сравненіи ряда Болотова съ рядомъ Лемана, видимъ, 1) что онъ имѣетъ тоже 9 разрядовъ и то же отношеніе между толщиной штриховъ и промежутковъ между ними, а 2), что для покатости, чаще встрѣчаемой въ Россіи, и именно для покатости до 10° , въ шкалѣ Лемана 2 разряда, а въ шкалѣ Болотова—5, въ шкалѣ же Военно-топографическаго отдѣла ихъ 6.

Относительно самаго черченія штриховъ по шкалѣ В. Т. О. принимается слѣдующее: 1) штрихъ ставится перпендикулярно къ горизонталямъ; 2) всѣ покатости до 6-й включительно вычерчиваются тонкими штрихами, съ посте-

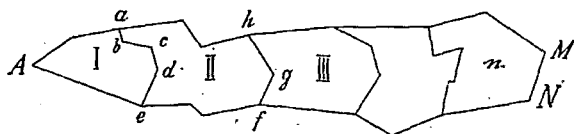
пенно уменьшающимся разстояніемъ между ними и при томъ такъ, чтобы на каждые 5 штриховъ высшаго разряда приходилось 4—низшаго разряда; 3) при покатости въ 10° штрихи утолщаются и оставляется менѣе разстоянія между штрихами, чѣмъ въ предыдущей; 4) при покатостяхъ въ 15° толщина штриха равна промежутку между штрихами; 5) при покатостяхъ въ 22° толщина штриховъ болѣе ширины промежутковъ; 6) при покатостяхъ въ 33° толщина штриховъ должна быть такова, чтобы на каждые 5 штриховъ 22° -й покатости приходилось 4 штриха 33° -й покатости; 7) покатости выше 45° , какъ недоступныя ни для одного рода орудія, покрываются сплошь тушью.

Изъ всего этого видно: 1) что шкала штриховъ Военно-топографическаго отдѣла, какъ имѣющая больше подраздѣленій для покатостей отлогихъ, болѣе удобна для Россіи, 2) по покатости, вычерченной этими штрихами, можно опредѣлить уголъ наклоненія болѣе точно, чѣмъ это возможно при шкалѣ Лемана. Къ недостаткамъ шкалы Болотова и В. Т. отдѣла надо отнести то, что онѣ даютъ слишкомъ большія тѣни для малыхъ покатостей.

Г Л А В А IV.

Общее понятіе о тригонометрической сѣти.

§ 74. Значеніе тріангуляціи для съемокъ. Если на мѣстности приходится послѣдовательно снимать одинъ участокъ за другимъ, а затѣмъ накладывать ихъ на бумагу для полученія *общаго плана снимаемой мѣстности*, то при построеніи плана нельзя допустить приема прикладыванія фигуръ участковъ одной къ другой въ томъ порядкѣ, какъ онѣ снимались и какъ онѣ располагаются на мѣстности, такъ какъ такой способъ съемки и составленія плана приведетъ насъ къ постепенному *накопленію* неизбѣжныхъ погрѣшностей, получающихся какъ при измѣреніи, такъ и при построеніи на бумагѣ линій и угловъ. Дѣйствительно на общемъ планѣ линія *abcde* (черт. 152а), общая двумъ участкамъ I и II-му



Черт. 152а.

заняла бы не истинное свое положеніе, а то, которое получилось бы для нея послѣ увязки вычисленія и накладки фигуры I. Прикладывая къ ошибочному положенію линіи *abcde* фигуру второго полигона, мы получаемъ положеніе линіи *hgf*, содержащее не только ошибки измѣренія II по-

лигона и ошибки его построения на бумагѣ, но еще и ошибки I полигона. Другими словами, линія *hgf* отодвинется значительно далѣе отъ своего истиннаго положенія, чѣмъ въ томъ случаѣ, когда II-й полигонъ обходится и строится на бумагѣ независимо отъ I-го. Переходя послѣдовательно отъ второго полигона къ III, отъ III къ IV и т. д., все далѣе и далѣе отъ начальной точки *A*, мы съ каждымъ полигономъ все болѣе и болѣе уклоняемся отъ истиннаго положенія и, наконецъ, когда достигнемъ стороны *MN* послѣдняго *n*-аго полигона, то должны конечно признать, что разстояніе *AM* и азимуть его (*AM*) будутъ сильно отличаться отъ истинной длины и истиннаго положенія линіи *AM* относительно странъ свѣта.

Между тѣмъ, намъ могли бы предложить задачу, въ которой вопросъ о длинѣ и азимутѣ линіи имѣлъ бы первостепенное значеніе, какъ, напримѣръ, — проложить просѣкъ или туннель между двумя удаленными точками *A* и *M*, ведя работу съ обоихъ концовъ линіи.

Изъ сказаннаго можно заключить, что способъ съемки постепеннымъ переходомъ отъ частнаго къ общему крайне несовершененъ ¹⁾, и отъ него при работахъ на большомъ пространствѣ слѣдуетъ отказаться. Поэтому при съемкахъ большихъ районовъ, какъ общее признаютъ слѣдующее правило: „*работать постепеннымъ переходомъ отъ общаго къ частному*“. Для достиженія этого необходимо на снимаемомъ пространствѣ сперва опредѣлить систему основныхъ опорныхъ точекъ съемки, равномерно размѣщенныхъ по всей снимаемой мѣстности на возможно большемъ разстояніи другъ отъ друга; а затѣмъ производить детальную съемку между опорными точками. Намѣчая опорныя точки, слѣдуетъ, однако, соблюдать условіе, чтобы изъ каждой точки можно было видѣть не менѣе двухъ, ей предшествующихъ, и хотя одну, ей послѣдующую. При такомъ условіи число опредѣляемыхъ основныхъ точекъ сведется къ *минимуму*, а слѣдовательно число всѣхъ измѣреній и связанныхъ съ ними неизбежныхъ случайныхъ ошибокъ (погрѣшностей) будетъ наименьшимъ.

Опорныя пункты съемки стремятся съ 1615 года (со временъ голландскаго ученаго геометра Виллеброрда Снеллуса) дѣлать вершинами треугольниковъ *воображаемой сѣти*, покрывающей все снимаемое пространство. Такой способъ составленія *сѣти треугольниковъ* для основныхъ точекъ, въ цѣляхъ будущей съемки подробностей на мѣстности, принято называть *триангуляціей*. Сѣть называютъ *тригонометрической* въ томъ случаѣ, если взаимное положеніе основныхъ точекъ опредѣляется: 1) длиною одной,

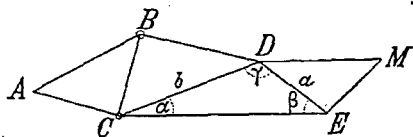
¹⁾ См. статью о мензульной съемкѣ, — составленіе геометрической сѣти.

измѣренной на мѣстности стороны какого-либо треугольника, 2) измѣреніемъ градусной величины *всѣхъ* угловъ отдѣльныхъ треугольниковъ, входящихъ въ сѣть и 3) *вычисленіемъ* по формуламъ тригонометріи длинъ сторонъ треугольниковъ и ихъ азимутовъ, а также и координатъ ихъ вершинъ.

Тригонометрическая сѣть составляется не только для болѣе точной съемки подробностей, но обыкновенно и въ тѣхъ случаяхъ, когда идетъ рѣчь о длинѣ дуги меридіана или параллели земной поверхности, съ цѣлью опредѣлить общій видъ земли.

Мы будемъ предполагать, что наша *тригонометрическая сѣть исключительно составляется для избѣжанія накопленія погрѣшностей при детальной съемкѣ мѣстности*. Въ тѣхъ случаяхъ, когда основные пункты не могутъ быть сдѣланы вершинами треугольниковъ, ихъ дѣлаютъ вершинами многоугольниковъ (*полигоновъ*), и тогда сѣть основныхъ точекъ носитъ названіе *полигонометрической сѣти*.

Итакъ, если отъ точки *A* (черт. 153) мы желаемъ перейти къ достаточно удаленной (на нѣсколько верстъ) отъ нея точкѣ *M*, то стараемся на мѣстности выбрать рядъ промежуточныхъ между ними точекъ *B, C, D, E, ...* такъ, чтобы образовалась сѣть треугольниковъ *ABC, BCD, CDE, ...* Число точекъ должно быть наименьшее, длины сторонъ должны быть наибольшими.



Черт. 153.

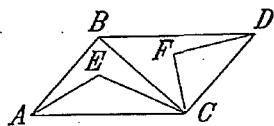
Поэтому на практикѣ, чтобы *ускорить работу* и удовлетворить требованіямъ наибольшей площади и равномерности распредѣленія ошибокъ, наивыгодными треугольниками признаются *равносторонніе*.

§ 75. Размѣры треугольниковъ сѣти, дѣленіе треугольниковъ (точекъ) сѣти на разряды (классы) и перечень работъ на триангуляціи. Измѣреніе угловъ треугольниковъ сѣти требуетъ, понятно, хорошей взаимной видимости вершинъ треугольниковъ (точекъ сѣти). Съ увеличеніемъ же длины сторонъ треугольниковъ, оказывается увеличивается вредное вліяніе боковой рефракціи на измѣреніе горизонтальныхъ уаловъ, заключающееся въ томъ, что линіи визированія уклоняются отъ истиннаго направленія въ *горизонтальной плоскости*, претерпѣвая преломленіе въ слояхъ воздуха, окружающихъ вершины треугольниковъ (сигналы). Принимая во вниманіе не поддающееся точному опредѣленію вліяніе боковой рефракціи на измѣреніе горизонтальныхъ угловъ, обыкновенно и не стараются доводить длины сторонъ треугольниковъ до возможно большихъ размѣровъ. Въ среднемъ, наибольшая величина стороны считается равной 25 верстамъ и

наименьшая 3 верстамъ. Въ гористыхъ мѣстностяхъ, гдѣ воздухъ чистъ, стороны достигаютъ наибольшей длины. Иногда мѣстныя условія (лѣсныя пространства, постройки, рельефъ мѣстности и т. п.) не позволяютъ строго держаться указанныхъ нормъ, и уклоненія могутъ быть какъ въ углахъ, такъ и сторонахъ ¹⁾; однако треугольники съ углами, меньшими 30° и большими 150° , допускаются лишь въ видѣ исключенія.

Знаменитый русскій геодезистъ В. Струве показалъ, между прочимъ ²⁾, что достоинство треугольника складывается не только изъ возможно идеальной формы треугольника, но и изъ *тщательности и точности измѣренія угловъ* *треугольника съти*, и не рѣдко треугольникъ, имѣя болѣе идеальную теоретическую форму, страдаетъ тѣмъ, что средняя ошибка измѣренія угла является у него большею, чѣмъ въ разностороннемъ треугольникѣ. Поэтому тамъ, гдѣ по мѣстнымъ условіямъ нарушается идеальная форма треугольника, она должна быть *восполнена* точнымъ измѣреніемъ его угловъ.

Раздѣленіе точекъ съти на разряды. Такъ какъ для детальной съемки бываетъ недостаточно рѣдко разставленныхъ точекъ съти, то въ цѣляхъ съемки съти пополняютъ и дѣлаютъ ее гуще, а для этого на сторонахъ большихъ треугольниковъ или, какъ ихъ называютъ *первоклассныхъ* треугольниковъ со сторонами въ 25 верстъ, стремятся построить второй рядъ равнобедренныхъ треугольниковъ *AEC, DFC* (черт. 154) со сторонами отъ 10 до 20 верстъ, это *второклассные треугольники*. Соответственно этому, и точки *E* и *F* называютъ точками второго разряда. На сторонахъ треугольниковъ второго разряда строятъ треугольники *третьяго разряда* со сторонами отъ 5 до 10 верстъ и т. д. Въ треугольникахъ *четвертаго разряда* стороны доходятъ до 3 верстъ и новыя точки опредѣляются засѣчками (впередъ или назад), т. е. измѣреніемъ только двухъ угловъ треугольника.



Черт. 154.

Въ Россіи наиболѣе часто встрѣчаемыя стороны большихъ треугольниковъ колеблются отъ 20 до 30 верстъ. Наибольшая сторона имѣется въ закавказской триангуляціи сторона Годореби-Эльборусъ=219 верстъ.

Перечень работъ при составленіи триангуляціи. Отдѣльными дѣйствіями при составленіи съти являются:

¹⁾ Наибольшая сторона треугольника встрѣчается въ С. Америкѣ: Диабло-Паста = 367 верстамъ.

²⁾ См. „Практическая геодезія“ В. Витковского, стр. 127 — 131, а также „Дуга меридіана“ В. Струве.

1) осмотръ (рекогносцировка) мѣстности и выборъ мѣста для точекъ сѣти и для базиса,

2) обозначеніе точекъ сѣти подѣ условіемъ чтобы изъ каждой точки были видимы другія, или такъ называемая постановка знаковъ (сигналовъ) сѣти,

3) измѣреніе базиса,

4) измѣреніе угловъ треугольниковъ сѣти,

5) ориентированіе сторонъ сѣти относительно странъ свѣта, или, иначе, опредѣленіе азимута начальной стороны,

6) вычисленіе сѣти, т. е. рѣшеніе треугольниковъ, съ цѣлію нахожденія длинъ сторонъ, вычисленіе азимутовъ остальныхъ сторонъ сѣти, и наконецъ вычисленіе координатъ пунктовъ (точекъ) сѣти.

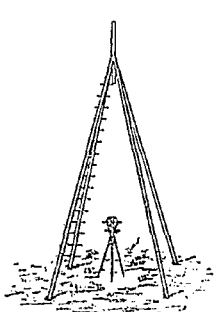
§ 76. **Осмотръ мѣстности** дѣлается съ цѣлію выбора мѣста для точекъ сѣти и мѣста для базиса; онъ производится съ помощію зрительной трубы, буссоли и приблизительной карты мѣстности, на которой наносятся предполагаемыя точки сѣти по измѣреннымъ буссолю угламъ. Въ случаѣ отсутствія карты составляется предварительный чертежъ, на которомъ длина предполагаемыхъ сторонъ наносится или приблизительно на глазъ, или изъ разспросовъ мѣстныхъ жителей о приблизительномъ разстояніи отъ одной избранной точки мѣстности до другой.

§ 77. **Сигналы.** Точки сѣти, для видимости ихъ на большомъ разстояніи другъ отъ друга, выбираются по возможности на возвышенныхъ мѣстахъ; онѣ обозначаются или естественными сигналами (колокольни церквей, остроконечныя башни, купола зданій и т. п.) или же искусственно построенными знаками такъ называемыми *тригонометрическими сигналами*.

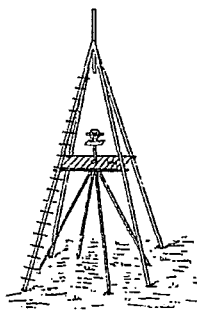
Эти сигналы обыкновенно строятся такъ, чтобы визирныя линіи проходили по возможности выше надъ почвою; они представляютъ изъ себя съ одной стороны надземное сооруженіе, а съ другой—закладываемый въ почву центръ, для сохраненія точекъ навсегда. Надземный тригонометрическій знакъ всегда имѣетъ правильный *симметричный* видъ, причемъ осью симметріи служитъ вертикальная прямая, проходящая черезъ вершину сигнала—вертикальное бревно (бабку).

Центры закладываются изъ камня или кирпича на такой глубинѣ, чтобы ихъ не могли повредить посторонніе посѣтители знака. Для точекъ, опредѣляемыхъ засѣчкою впередъ, ставятъ *вѣхи* (черт. 158), для другихъ же точекъ, на мѣстности открытой достаточно построить *простую пирамиду* (черт. 155 и 156) и наблюдать съ земли; если же горизонтъ закрытъ,—ставятъ *двойную пирамиду* (черт. 156) или *сигналъ* (черт. 157). Высота простой пирамиды колеблется отъ 2 до 4 сажень, двойной—отъ 3 до 6 саж.

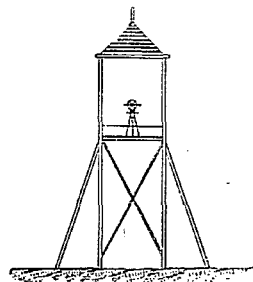
высота сигналовъ колеблется отъ 5 саж. и доходить до 22 саженой въ *многоярусныхъ* сигналахъ С. Америки.



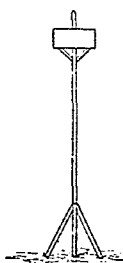
Черт. 155.



Черт. 156.



Черт. 157.



Черт. 158.

Сбоку пирамиды нерѣдко прибавляется шведская лѣстница, по которой взбираются къ вершинѣ сигнала (визирному цилиндру—бабкѣ) при постройкѣ сигнала рабочіе; во время наблюдений по ней поднимается наблюдатель съ инструментомъ; при высокихъ сигналахъ инструментъ поднимается на верхнюю площадку сигнала на веревкахъ по блоку.

Угломѣрный инструментъ во время наблюдений съ простыхъ пирамидъ, въ тѣхъ случаяхъ, когда онъ отличается большими своими размѣрами и тяжестью, помѣщается и устанавливается на каменномъ или массивномъ деревянномъ столбѣ, возводимомъ или подъ самой пирамидой, или же въ недалекомъ отъ нея разстояніи. Въ послѣднемъ случаѣ измѣренные углы должны быть путемъ особаго вычисленія приведены къ центру сигнала, т. е. къ измѣреннымъ угламъ нужно найти поправки.

Для приведенія угловъ къ вершинѣ сигнала нужно хотя приближенно знать длины сторонъ треугольниковъ. Поэтому сперва (*предварительно*) вычисляютъ длины сторонъ по приближеннымъ (измѣреннымъ) значеніямъ угловъ.

§ 78. *Измѣреніе угловъ.* Для измѣренія угловъ съти употребляются болѣе совершенные угломѣрные инструменты,—а именно большіе повторительные теодолиты и универсальные снаряды; точность отсчитыванія по ихъ верньерамъ равна 10". Нерѣдко верньеры замѣняются болѣе совершенными приспособленіями — *микроскопъ-микрометрами*: точность отсчета по нимъ достигаетъ 2" непосредственно и 0,2"—при оцѣнкѣ на глазъ. Употребляемые для измѣренія угловъ тригонометрической съти инструменты имѣютъ почти тѣ же составныя части, что и малые теодолиты, но, будучи изготовлены съ большею тщательностію, имѣютъ большую плавность и равномерность движеній различныхъ частей и отличаются главнымъ образомъ отъ малыхъ теодо-

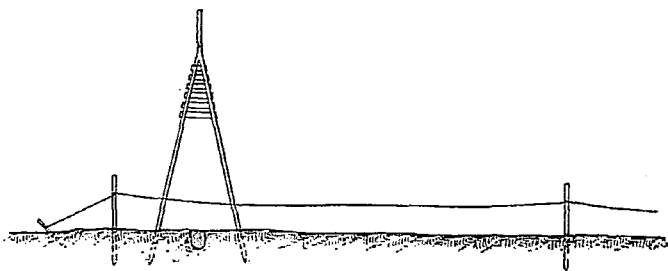
литовъ болѣе совершеннымъ устройствомъ вертикальнаго круга, снабженнаго уровнемъ на алидадѣ и имѣющаго 4 верньера, точность которыхъ равна точности верньеровъ горизонтальнаго лимба.

Углы треугольниковъ I разряда измѣряются, напр., шесть разъ каждый (находятся изъ шести пріемовъ), углы треугольниковъ второго разряда—четырьмя пріемами и т. д.

При наблюденіи числовыхъ величинъ угловъ въ треугольникахъ *высшихъ* (1-го и 2-го) *разрядовъ* для увеличенія точности отсчитыванія отдѣльныхъ направлений, употребляются *универсальные снаряды* и *теодолиты снабженные* вмѣсто верньеровъ *микроскопами*. Въ этихъ инструментахъ можетъ *вовсе не быть алидаднаго круга*, а слѣдовательно и вреднаго тренія краевъ алидады о лимбъ, отъ котораго, при вращеніи алидады, обыкновенно и происходитъ увлеченіе алидадою за собою лимба.

§ 79. Измѣреніе базиса обыкновенно производится особыми приборами со всевозможною тщательностію и со стараніемъ свести ошибки измѣренія къ возможному *минимуму*. Когда же этихъ приборовъ на лицо нѣтъ, то довольствуются простѣйшимъ пріемомъ опредѣленія вѣроятнѣйшей длины базиса, который заключается въ многократномъ измѣреніи его стальною лентою, для чего онъ предварительно провѣшивается, а длина ленты сличается съ длиною нормальной ленты.

Для тріангуляцій, служащихъ для нуждъ съемокъ исполнѣ можно довольствоваться *способомъ измѣренія базиса* деревянными жезлами *по бичевѣ* предложеннымъ въ 1836 году В. Струве и впервые примѣненнымъ при опредѣленіи разности уровней Чернаго и Каспійскаго морей. Мѣрные деревянные жезлы имѣютъ при этомъ металлическія оковки по концамъ и по серединѣ; длина жезла=1 или $1\frac{1}{2}$ сажени.



Черт. 159.

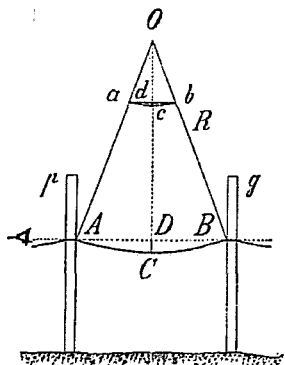
Способъ Струве. Онъ основанъ на измѣреніи длины бичевы, натянутой вдоль базиса. На мѣстности выбираютъ гладкую, по возможности ничѣмъ не пересѣченную, открытую и горизонтальную полосу, и на ней намѣчаютъ начало и конецъ базиса большими вѣхами или еще лучше пира-

мидками съ зарытыми подъ ними въ землю камнями, незначительно выступающими надъ ея поверхностію, какъ это видно изъ черт. 159. Самый способъ измѣренія слагается изъ слѣдующихъ отдѣльныхъ дѣйствій: 1) *проставиванія линіи базиса*, 2) *натягиванія* бичевы и приданія ей по возможности линіи одного и того же наклона (*выравниваніе узловъ*) 3) *измѣренія длины* бичевы и 4) *опредѣленія наклоненія* линіи базиса къ горизонту.

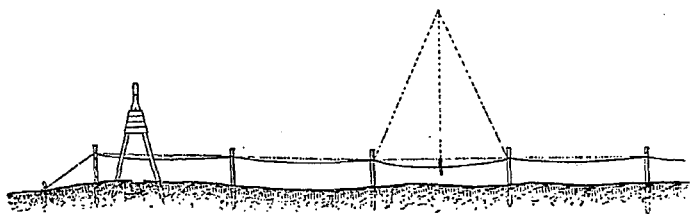
Вѣшеніе линіи базиса начинаютъ съ дальняго конца съ помощью бинокля или зрительной трубы.

Линію узловъ устанавливаютъ по одной прямой, хотя и наклонной къ горизонту, но при томъ на такой высотѣ отъ земли, чтобы бичева была доступна для измѣренія съ земли; самая установка узловъ на одну прямую дѣлается съ помощью послѣдовательнаго наведенія горизонтальной нити зрительной трубы теодолита, установленнаго около одной изъ пирамидъ, на всѣ вѣхи, начиная съ дальней.

Вслѣдствіе вѣса бичевка займетъ въ каждомъ створѣ двухъ вѣхъ положеніе ACB (черт. 160) нѣкоторой кривой и въ общемъ базисъ приметъ видъ, указанный на чертежѣ 161. Наклонъ линіи базиса, смотря по мѣстнымъ условіямъ, иногда приходится мѣнять въ одной или двухъ точкахъ базиса. Измѣреніе базиса дѣлается по дугамъ кривыхъ, образуемыхъ бичевою, деревяннымъ жезломъ, длина котораго предварительно опредѣляется на компараторѣ по извѣстной длинѣ нормальной мѣры.



Черт. 160.



Черт. 161.

Когда измѣреніе подойдетъ къ концу базиса и на бичевку спроектируютъ теодолитомъ второй конецъ базиса, то разстояніе между проекціею конца базиса и послѣднею наръзкою, сдѣланною на бичевкѣ у конца жезла, переносятъ на жезлъ, дѣлая на немъ соотвѣтствующія наръзки. Перенесенный на жезлъ промежутокъ носитъ названіе „остатокъ базиса“, и его измѣряютъ штангенъ-циркулемъ.

Опредѣливъ длину каждой кривой, измѣряютъ *стрѣлку* CD каждой дуги.

Измѣренія дѣлаются небольшою линейкою, раздѣленною на миллиметры или десятыя доли дюйма. Одинъ наблюдатель держитъ глазъ у одной отмѣтки A , и смотритъ по направленію къ другой отмѣткѣ B (смотрятъ иногда съ узла на узелъ), а другой, ставъ *на глазъ* въ срединѣ C дуги AB , держитъ у C отвѣсно линейку и подымаетъ или опускаетъ ее до тѣхъ поръ, пока ноль ея, стоящій вверху, придется на линію AB , что и удостовѣряетъ смотрящій съ узла на узелъ наблюдатель возгласомъ „есть“. Въ этотъ моментъ держащій линейку прочтетъ длину стрѣлки $CD = b$ и продиктуетъ ее, для занесенія ея въ журналъ наблюденій.

§ 80. **Вычисленіе длины базиса.** Каждую дугу измѣренной кривой считаютъ за дугу a круга радіуса $R = OB$, и по длинѣ a и размѣру b стрѣлки вычисляютъ длину h хорды AB .

Если мы составимъ разность x между длиною дуги a и хордою h , то она будетъ

$$x = a - h = a - 2R \cdot \sin \frac{a}{2R} \dots \dots \dots (x')$$

Если затѣмъ величина x будетъ нами найдена, то, разумѣется, вычитая ее изъ a , найдемъ h :

$$a - x = a - (a - h) = h.$$

Отсюда понятнымъ становится, что вся длина l базиса найдется, если изъ суммы всѣхъ измѣренныхъ дугъ a вычтемъ сумму *поправокъ* x , т.-е.

$$l = \Sigma a - \Sigma x.$$

Окончательное значеніе поправки x имѣетъ слѣдующій видъ:

$$x = \frac{8}{3} \frac{b^2}{a} {}^1) \dots \dots \dots (x)''.$$

§ 81. **Окончательное вычисленіе сѣти.** Получивъ окончательныя значенія для угловъ сѣти, по найденнымъ угламъ вычисляются длины сторонъ, а затѣмъ и азимуты сторонъ треугольниковъ сѣти. Здѣсь въ начальной точкѣ, въ которой былъ опредѣленъ азимутъ астрономически для одной изъ сторонъ, найдутся азимуты для остальныхъ сторонъ, сходящихся въ начальной точкѣ, путемъ сложенія или вычитанія угловъ треугольниковъ съ найденнымъ азимутомъ.

Азимуты остальныхъ сторонъ найдутся по формулѣ:

$$a_n = a_{n-1} + 180 - \text{внутренний уголъ}.$$

¹⁾ См. Полный курсъ Низшей Геодезіи С. Соловьева.

§ 82. Вычисленіе координатъ точекъ сѣти. Имѣя азимуты α и длины d сторонъ сѣти, по формуламъ

$$\Delta x = d \cdot \cos \alpha$$

$$\Delta y = d \cdot \sin \alpha,$$

можно вычислить приращенія координатъ для всѣхъ точекъ сѣти, а затѣмъ, принявъ одну изъ точекъ за начало координатъ, вычислить и самыя координаты точекъ сѣти, суммируя найденныя приращенія, а именно по формуламъ:

$$x_n = \Sigma \Delta x$$

$$y_n = \Sigma \Delta y.$$

Очевидно, что координаты каждой точки необходимо вычислить для контроля не менѣе, какъ по координатамъ двухъ съ ней сосѣднихъ точекъ.

§ 83. Пользованіе тригонометрическою сѣтью для съемокъ. Пунктами тригонометрической сѣти пользуются какъ во время угломерной, такъ и при производствѣ мензульной съемки.

При мензульной съемкѣ, основанной на тригонометрической сѣти, накладываются на отдѣльные мензульные листы точки сѣти по ихъ координатамъ, подобно тому, какъ это указано было въ § 167, стр. 241, ч. I разстояніе между двумя нанесенными на планшетъ пунктами тригонометрической сѣти принимается за базисъ, по которому и составляется геометрическая сѣть для съемки подробностей. Составляя геометрическую сѣть и опредѣляя ея пункты засѣчками (прямой и обратной), стараются, гдѣ это только возможно, прежде всего сдѣлать засѣчки по тригонометрическимъ пунктамъ, положеніе которыхъ уже имѣется на мензулѣ, а затѣмъ уже пользоваться опредѣленными точками геометрической сѣти. При съемкѣ контуровъ, если точка стоянія съ мензулой (*станція*) не представляетъ собою опорной точки, т. е. пункта тригонометрической или геометрической сѣти, положеніе ея опредѣляется или обратной засѣчкой, или по задачѣ Потенота, причемъ пользуются предпочтительно пунктами тригонометрической сѣти. Если станція взята по мѣстнымъ условіямъ вблизи пункта сѣти, то стремятся провѣрить положеніе станціи *пролѣтомъ* стальной лентой до пункта сѣти.

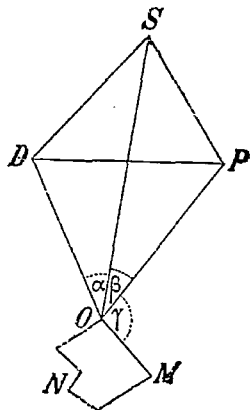
Съемка участка угломернымъ инструментомъ будетъ основана на предварительно составленной тригонометрической сѣти, если работа начинается и оканчивается *привязкою* къ пунктамъ сѣти точекъ окружной границы участка. Привязать точку окружной границы къ сѣти значитъ найти ея координаты относительно осей координатъ сѣти. Координаты привязанныхъ точекъ ¹⁾ не подлежатъ измѣненію, координаты же всѣхъ промежуточныхъ между ними точекъ

¹⁾ Вычисленные изъ привязки.

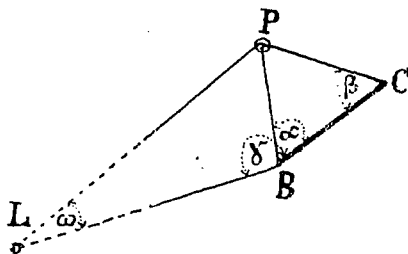
окружной границы вычисляются въ зависимости отъ координатъ привязанныхъ.

Привязка къ пунктамъ тригонометрической съѣти дѣлается или помощью простыхъ промѣровъ, если точка съѣти незначительно удалена отъ привязываемой, или на основаніи задачъ Потенота и Ганзена.

Способъ промѣровъ состоитъ въ томъ, что въ пунктѣ O (черт. 162) окружной границы участка OMN измѣряютъ примычный уголъ γ , а въ пунктѣ P съѣти подобный же уголъ OPS или OPD и, кромѣ того, измѣряютъ длину прямой OP . Если прямую проложить невозможно, то прокладываютъ полигонный ходъ меж-



Черт. 162.



Черт. 163.

ду точками O и P съ вышеуказанными примычными углами въ точкахъ O и P .

Если въ пунктѣ P съѣти встать нельзя, то близъ него избираютъ вспомогательную точку B (черт. 163) и по координатамъ точекъ P и L съѣти, а также по измѣреннымъ базису BC и угламъ α , β и γ вычисляютъ координаты точки B . Такой приемъ носитъ иногда названіе *перенесенія* или *передачи координатъ съ вершины сигнала на землю*.

Пусть координаты точки P даны: x_p, y_p
 " L " x_l, y_l

а координаты точки B ищутся: x_b, y_b .

Онѣ будутъ

$$\begin{aligned} x_b &= x_p + PB \cdot \cos (PB) \\ y_b &= y_p + PB \cdot \sin (PB). \end{aligned}$$

Точка L предполагается видимой изъ точки B . Опредѣлимъ длину BP и азимутъ (PB) .

Углы α и β измѣряютъ при концахъ такого базиса BC , для котораго они приблизительно равны 60° ; тогда изъ треугольника PBC находятъ искомое разстояніе PB ; оно будетъ

$$PB = BC \cdot \frac{\sin \beta}{\sin (\alpha + \beta)}$$

Азимутъ

$$(PB) = (PL) - LPB = (PL) - (180^\circ - (\gamma - \alpha) - \omega);$$

здѣсь азимуть (PL) вычислится по формулѣ:

$$tg (PL) = \frac{y_l - y_p}{x_l - x_p},$$

а уголъ ω найдется изъ треугольника BPL , въ которомъ имѣемъ

$$PB:PL = \sin \omega : \sin (\gamma - \alpha);$$

откуда

$$\sin \omega = (PB:PL) \times \sin (\gamma - \alpha);$$

или, по малости PB сравнительно съ PL , полагаемъ

$$\sin \omega = \omega' \sin 1' \text{ и находимъ}$$

$$\omega' = (PB:PL) \times \frac{\sin (\gamma - \alpha)}{\sin 1'}$$

Повѣркою для вычисленныхъ координатъ x_b и y_b служить азимуть (LB), который вычислится по формулѣ

$$tg (LB) = \frac{y_b - y_l}{x_b - x_l}; \text{ причемъ должно быть } (LB) - (LP) = \omega.$$

Когда съ земли нельзя смѣрить угла γ или, все равно, $(\gamma - \alpha)$, а это иногда имѣетъ мѣсто при съемкѣ городовъ, то измѣряютъ на окнѣ колокольни уголъ и путемъ вычисления поправки приводятъ его къ вершинѣ P сигнала, а затѣмъ уже по приведенному углу LPB находятъ азимуть

$$(PB) = (PL) - LPB.$$

Задача Потенота. (*Аналитическое рѣшеніе*). Аналитическое рѣшеніе задачи Потенота состоитъ въ опредѣленіи координатъ 4-й точки O , относительно тѣхъ же осей координатъ, относительно которыхъ даны координаты трехъ данныхъ точекъ S , L и P (черт. 164), послѣ того какъ въ четвертой точкѣ мѣстности тщательно измѣрены два угла α и β , вполне опредѣляющіе положеніе точки O относительно трехъ данныхъ. Обозначимъ координаты данныхъ точекъ черезъ x и y съ соответственными указателями s , l и p . На основаніи того, что координаты послѣдующей точки равны координатамъ точки предыдущей плюсъ приращеніе координатъ для послѣдующей точки, можемъ написать:

$$x_0 = x_l + \Delta x_l = x_p + \Delta x_p \dots \dots \dots (1)$$

$$y_0 = y_l + \Delta y_l = y_p + \Delta y_p \dots \dots \dots (2)$$

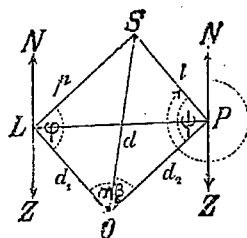
гдѣ

$$\Delta x_l = LO \cdot \cos (LO) \dots \dots \dots (3)$$

$$\Delta y_l = LO \cdot \sin (LO) \dots \dots \dots (4)$$

$$\Delta x_p = PO \cdot \cos (PO) \dots \dots \dots (5)$$

$$\Delta y_p = PO \cdot \sin (PO) \dots \dots \dots (6).$$



Черт. 164.

Разсматривая выражения (3), (4), (5), (6) видимъ, что въ нихъ входятъ неизвѣстными длины линий PO и LO и азимуты (PO) и (LO) этихъ направлений; займемся опредѣленіемъ величинъ этихъ неизвѣстныхъ;—для этого обозначимъ уголъ SLO черезъ φ и уголъ SPO черезъ ψ , а затѣмъ замѣтимъ, что азимутъ линии LO найдется по азимуту линии LS и по углу φ , а азимутъ линии PO —по азимуту линии PS и углу ψ . Дѣйствительно, принимая линію LS за направление меридіана, мы можемъ написать два равенства:

$$(LO) = (LS) + \varphi \dots \dots \dots (7)$$

$$(PO) = (PS) + \psi \dots \dots \dots (8),$$

гдѣ φ и ψ пока неизвѣстны. Выведемъ формулы для опредѣленія разстояній LO и PO ; на чертежѣ 164 они обозначены черезъ d_1 и d_2 ; для разстояній SO , SL и SP введемъ обозначенія $SO = d$, $LS = p$ и $PS = l$; изъ треугольниковъ OLS и SOP слѣдуетъ, что:

$$\frac{p}{d_1} = \frac{\sin \alpha}{\sin (\alpha + \varphi)}; \text{ откуда } d_1 = p \cdot \frac{\sin (\alpha + \varphi)}{\sin \alpha} \dots \dots \dots (9)$$

$$\frac{l}{d_2} = \frac{\sin \beta}{\sin (\beta + \psi)} \dots \dots \dots d_2 = l \cdot \frac{\sin (\beta + \psi)}{\sin \beta} \dots \dots \dots (10).$$

Въ выраженіяхъ (9) и (10) вошли измѣренныя на мѣстности углы α и β и опять неизвѣстныя— φ и ψ . Что же касается до длины линій LS и PS и азимутовъ (LS) и (PS) , то вычисленіе ихъ производится по слѣдующимъ формуламъ:

$$\operatorname{tg} (LS) = \frac{y_s - y_l}{x_s - x_l}, \operatorname{tg} (PS) = \frac{y_s - y_p}{x_s - x_p} \dots \dots \dots (I)$$

$$LS = \frac{y_s - y_l}{\sin (LS)} = \frac{x_s - x_l}{\cos (LS)}; PS = \frac{y_s - y_p}{\sin (PS)} = \frac{x_s - x_p}{\cos (PS)} \dots \dots (II)$$

Углы φ и ψ находятся по ихъ суммѣ и разности: сумма $\varphi + \psi$ найдется изъ четырехугольника $OLSP$, въ которомъ сумма угловъ равна 360° , а именно:

$$\alpha + \beta + \varphi + \psi + S = 360^\circ,$$

гдѣ
уголъ $S = LSP = (SL) - (SP) = (LS) - (PS)$ ¹⁾ $\dots \dots \dots (III)$
и слѣдовательно:

$$\varphi + \psi = 360^\circ - (\alpha + \beta + S), \dots \dots \dots (IV)$$

или, положивъ для краткости $\alpha + \beta + S = 2\alpha$,
находимъ $\frac{1}{2} (\varphi + \psi) = 180^\circ - \alpha \dots \dots \dots (V)$

Для отысканія разности тѣхъ же угловъ, возьмемъ изъ треугольниковъ LSO и PSO слѣдующія соотношенія:

$$\frac{d}{p} = \frac{\sin \varphi}{\sin \alpha} \text{ и } \frac{d}{l} = \frac{\sin \psi}{\sin \beta}$$

или

$$\sin \varphi = d \cdot \frac{\sin \alpha}{p} \dots \dots \dots (11)$$

$$\sin \psi = d \cdot \frac{\sin \beta}{l} \dots \dots \dots (12)$$

¹⁾ См. § 69 и стр. 75.

Найдемъ теперь отношение $\sin \psi$ къ $\sin \varphi$ и обозначимъ его черезъ $\operatorname{tg} Q$, такъ что:

$$\frac{\sin \psi}{\sin \varphi} = \operatorname{tg} Q \dots \dots \dots (13)$$

Это обозначеніе всегда возможно, такъ какъ тангенсъ измѣняется отъ $-\infty$ до $+\infty$. Раздѣливъ выраженіе (12) на (11), получимъ:

$$\operatorname{tg} Q = \frac{\sin \psi}{\sin \varphi} = \frac{p \cdot \sin \beta}{l \cdot \sin \alpha} \dots \dots \dots (14)$$

Въ полученномъ выраженіи p , β , l и α извѣстны, слѣдовательно $\operatorname{tg} Q$ можетъ быть опредѣленъ. Далѣе, согласно нашему означенію, имѣемъ:

$$\frac{\sin \varphi}{\sin \psi} = \frac{1}{\operatorname{tg} Q}.$$

Напишемъ эту пропорцію въ слѣдующемъ видѣ:

$$\frac{\sin \varphi + \sin \psi}{\sin \varphi - \sin \psi} = \frac{1 + \operatorname{tg} Q}{1 - \operatorname{tg} Q}$$

и, замѣнивъ въ первой части сумму и разность синусовъ произведеніемъ, а во второй части принявъ единицу равной $\operatorname{tg} 45^\circ$, можемъ написать:

$$\frac{2 \sin \frac{\varphi + \psi}{2} \cdot \cos \frac{\varphi - \psi}{2}}{2 \sin \frac{\varphi - \psi}{2} \cdot \cos \frac{\varphi + \psi}{2}} = \frac{\operatorname{tg} 45^\circ + \operatorname{tg} Q}{1 - \operatorname{tg} 45^\circ \cdot \operatorname{tg} Q}$$

или

$$\operatorname{tg}^{1/2} (\varphi + \psi) \cdot \operatorname{Cotg}^{1/2} (\varphi - \psi) = \operatorname{tg} (45^\circ + Q),$$

откуда

$$\operatorname{tg}^{1/2} (\varphi - \psi) = \operatorname{tg}^{1/2} (\varphi + \psi) \cdot \operatorname{Ctg} (45^\circ + Q) \dots \dots (15)$$

Въ уравненіи (15) намъ извѣстно $\frac{\varphi + \psi}{2}$ и $(45^\circ + Q)$, слѣдовательно изъ него можно найти $\frac{\varphi - \psi}{2}$. Положивъ:

$$(16) \dots \dots \dots \begin{cases} \frac{1}{2} (\varphi + \psi) = m \\ \frac{1}{2} (\varphi - \psi) = n, \end{cases}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{сложимъ, а затѣмъ вычтемъ} \\ \text{эти равенства почленно,} \\ \text{тогда } \varphi = m + n \text{ и} \\ \psi = m - n. \end{array} \right\} \dots \dots (17)$$

Вставляя найденныя значенія для φ и ψ въ равенства (7), (8), (9) и (10), получимъ необходимыя величины для вычисленія приращеній координатъ точки O по формуламъ (3), (4), (5) и (6).

Задача рѣшается послѣдовательнымъ примѣненіемъ формулъ I, II, III, IV, V; 14, 15, 16, 17; 7, 8, 9, 10; 3—6; 1 и 2.

Г Л А В А V.

Приложение геодезіи къ вопросамъ по земле- устройству.

Привязка точекъ окружныхъ границъ участка къ пунктамъ (тригонометрической) сѣти и къ постояннымъ предметамъ мѣстности.

§ 84. Предварительныя понятія. Желаніе *сохранить* по возможности на долгое время точки, принадлежащія окружной границѣ участка, снятаго угломернымъ инструментомъ, заставляеть не только на составленномъ на этотъ участокъ планѣ *записать цифровыя данныя*, опредѣляющія взаимное положеніе точекъ окружной границы, какъ-то: румбы, астролябическіе углы, длины линий, углы ихъ наклоненія и т. п., но еще *сверхъ того озаботиться*:

1) о *наложеніи* на мѣстности *прочныхъ*, неизмѣнныхъ признаковъ въ указанныхъ точкахъ, на подобіе того, какъ это дѣлается при точныхъ работахъ съ закладкою центровъ на пунктахъ тригонометрической сѣти, нивелирн-теодолитнаго ряда и полигонныхъ ходовъ, т. е. подъ землею зарывать знакъ въ видѣ кирпича или бутылки, помимо признака, поставленнаго надъ землею; на границахъ отдѣльныхъ владѣній (на межахъ владѣльческихъ дачъ) также накладываются такъ называемые межевые признаки: ставятся деревянные, каменные или чугунные столбы, роются межевые ямы, пропахиваются межики, насыпаются курганы;

2) о *составленіи* подробныхъ описаній границъ владѣнія, *замѣняющихъ* планъ (геодезическій журналъ, полевой журналъ, межевая книга),

и 3) о *привязкѣ* путемъ дополнительныхъ измѣреній точекъ границъ къ близлежащимъ (или даже только видимымъ) предметамъ мѣстности, на неизмѣнное положеніе которыхъ въ теченіе весьма долгаго промежутка времени можно было бы свободно положиться.

Остановимся еще разъ на этомъ вопросѣ, имѣющемъ огромное значеніе въ съемочномъ (землемерномъ и особенно межевомъ) дѣлѣ.

§ 85. Привязка граничныхъ линий къ точкамъ сѣти: по задачѣ Потенота заключается въ томъ, что, ставъ въ точку O (черт. 163) поворота границы полигона съ угломернымъ инструментомъ, измѣряютъ три угла α , β и γ . Изъ нихъ первые два опредѣляютъ положеніе (координаты) точки O относительно трехъ данныхъ точекъ сѣти L , S и P , а третій примычный уголъ γ служитъ для вычисленія азимута первой стороны OM , а по нему и всѣхъ послѣдующихъ азимутовъ сторонъ границы участка OMN .

Привязка способомъ промеровъ состоитъ въ томъ, что 1) въ пунктѣ O (черт. 163) привязываемой границы участка

OMN , измѣряютъ 1-й примычный уголъ $MOP = \gamma$, 2) промѣряютъ длину прямой OP (или прокладываютъ ломанную линію), связывающую точку O съ близлежащимъ пунктомъ P сѣти и 3) въ пунктѣ P измѣряютъ 2-й примычный уголъ OPS на видимый изъ точки P второй пунктъ S сѣти.

Цѣль привязки границъ участка къ пунктамъ сѣти заключается въ томъ, чтобы можно было вычислить *координаты* точекъ поворота границъ *относительно тѣхъ же осей* координатъ, относительно которыхъ даны координаты пунктовъ сѣти.

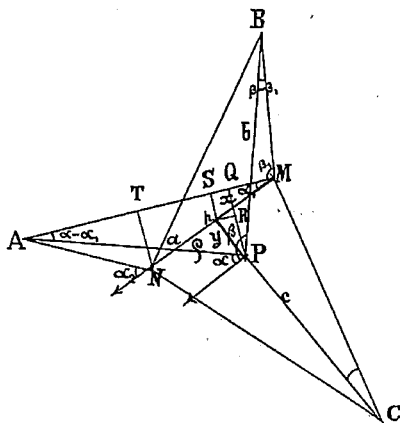
Чтобы возможно надежнѣе привязать границу участка къ пунктамъ сѣти, нужно избранную точку, сторону или диагональ привязывать *не* къ тремъ, а къ возможно большому числу пунктовъ сѣти, т. е. въ избранномъ мѣстѣ, кромѣ необходимыхъ измѣреній, слѣдуетъ дѣлать еще и *избыточные* или дополнительные, а также не довольствоваться одной привязанной точкой границы, а стараться привязать двѣ, три и болѣе точекъ границы, возможно удаленныхъ другъ отъ друга.

Конечная же цѣль привязки къ пунктамъ основной сѣти состоитъ въ томъ, чтобы впослѣдствіи возможно было *быстро разыскать* точку или линію границы, надземные признаки на которой утратились отъ времени.

§ 86. Привязка къ постояннымъ предметамъ мѣстности дѣлается съ тою же цѣлью, что и привязка къ пунктамъ сѣти. Самый же пріемъ привязки зависитъ какъ отъ числа постоянныхъ точекъ, такъ и отъ формы самага предмета, къ которому собираются сдѣлать привязку, а равно и отъ взаимнаго расположенія привязываемой точки и постоянныхъ предметовъ.

1. Если привязываемая точка P (черт. 165) лежитъ относительно трехъ постоянныхъ предметовъ (точекъ) A , B и C такъ, что возможно смѣрить два угла APB и BPC въ привязываемой точкѣ подобно тому, какъ это мы дѣлали въ случаѣ примѣненія задачи *Потенота*, то не смотря на то, что хотя взаимное положеніе трехъ данныхъ постоянныхъ точекъ намъ и неизвѣстно, все-таки возможно будетъ, (что нетрудно показать), разыскать съ помощію угловъ APB и BPC привязанную точку M , способомъ, предложеннымъ вѣнскимъ профессоромъ *Марекомъ*.

2) Если же привязываемая точка лежитъ вблизи, напр., одиноко лежащаго большого камня или вообще постоянного

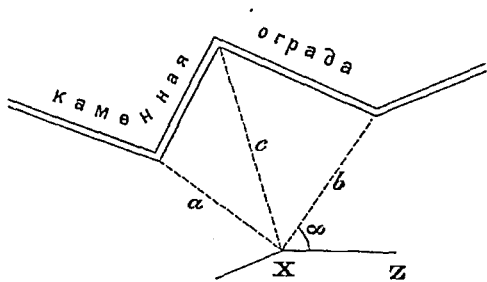


Черт. 165.

мѣстнаго предмета O (черт. 166), надъ которымъ возможно стать съ углоуѣрнымъ инструментомъ и смѣрить въ точкѣ O уголъ α между другимъ постояннымъ предметомъ M и привязываемою точкою X стороны XZ полигона, то возможно, измѣривъ еще въ точкѣ X примычный уголъ $\delta = OXZ$, примѣнить способъ промѣровъ, для чего необходимо, однако, смѣрить еще и линію $OX = a$. Въ случаѣ, если окажется возможнымъ, дѣлають, сверхъ необходимыхъ, еще и избыточные измѣренія: угловъ β и γ и разстоянія OZ .

Черт. 166.

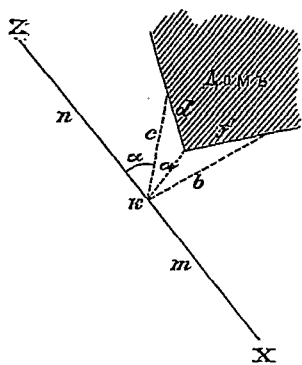
точки ея излома, то можно было бы положеніе точки X опредѣлить пересѣченіемъ трехъ линій a , c и b , идущихъ отъ точки X къ тремъ упомянутымъ изломамъ ограды, для опредѣленія же положенія линіи XZ пришлось бы смѣрить еще и уголъ α . Смѣривши же, сверхъ указанныхъ величинъ, еще два угла: между отрѣзками a и c и отрѣзками c и b , можно было бы примѣнить способъ Марека. Если бы ограда была достаточно низка или достаточно толста настолько, что можно было бы смѣрить уголъ въ точкѣ пересѣченія между отрѣзкомъ, напр., b и направлениемъ ограды, то оказалось бы возможнымъ примѣнить способъ промѣровъ.



Черт. 167.

Если бы ограда была достаточно низка или достаточно толста настолько, что можно было бы смѣрить уголъ въ точкѣ пересѣченія между отрѣзкомъ, напр., b и направлениемъ ограды, то оказалось бы возможнымъ примѣнить способъ промѣровъ.

4. Положимъ, что линія XZ идетъ мимо угла дома (черт. 168), тогда точку k линіи XZ можно было бы привязать къ углу дома и двумъ болтамъ (гвоздямъ), вбитымъ въ стѣны дома въ разстояніяхъ d и f отъ угла. Промѣры $n = Zk$ и $m = Xk$ опредѣлили бы положеніе самой точки k на линіи XZ , а разстоянія a , b и c — положеніе той же точки относительно угла дома и болтовъ,



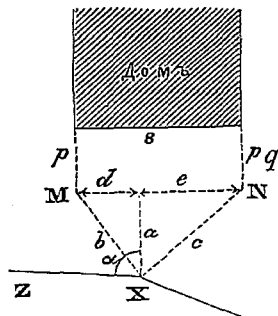
Черт. 168.

c — положеніе той же точки относительно угла дома и болтовъ,

вбитыхъ въ стѣны. Направленіе же линіи XZ опредѣлилось бы угломъ α въ точкѣ k между отрѣзками n и c (или m и b).

5. Наконецъ, если бы домъ расположился такъ, что стѣна его была бы приблизительно параллельна линіи XZ (черт. 169) или точка X пришлась примѣрно противъ середины стѣны дома, то для опредѣленія точки X и линіи XZ можно напр., продолжить направленія двухъ другихъ сторонъ дома (привѣсить) и на нихъ отложить отрѣзки p и q , соединяя концы которыхъ, получить прямую MN , а на нее изъ точки X опустить перпендикуляръ.

Измѣреніемъ отрѣзковъ p , d и a , опредѣлилась бы точка X , а измѣреніемъ угла α —и линія XZ . Для контроля и для избыточныхъ (запасныхъ) измѣреній опредѣляются длины отрѣзковъ s , q и c , а также b и c .



Черт. 169.

Если $p = q$, то $d + e = s$.

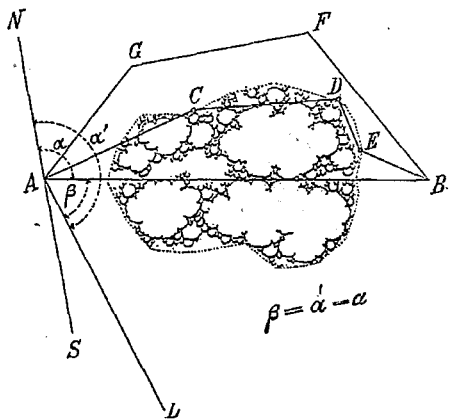
Сдѣлавъ въ полѣ привязку, необходимо дома сдѣлать сбоку плана въ крупномъ масштабѣ чертежъ привязки точки и линіи границы участка, указавъ на немъ въ перспективѣ форму постояннаго предмета, а также четко написавъ результаты всѣхъ сдѣланныхъ необходимыхъ и избыточныхъ измѣреній, т. е. поступать совершенно такъ же, какъ это дѣлалось при нивелированіи, при замѣткахъ *реперовъ*.

Задачи, рѣшаемыя по плану горизонтальной съемки.

Разысканіе и возобновленіе границъ участка.

§ 87. Проведеніе просѣка черезъ лѣсъ. Если между двумя данными на планѣ точками A и B (черт. 170) надо проложить просѣкъ AB , то рѣшеніе задачи сведется къ отысканію 1) румба или азимута прямой AB и 2) ея длины.

Если планъ составленъ накладкою полигона транспортиромъ по румбамъ его сторонъ, то съ плана берутъ (по масштабу) какъ длину AB , такъ и ея румбъ (измѣряютъ транспортиромъ) и перечисляютъ его на азимутъ. Зная азимуты (AB) и (AG) , вычисляютъ уголъ $CAB = (AB) - (AG)$.



Черт. 170.

Придя на мѣстность и ставъ на точку A , направляютъ визирный снарядъ установленнаго для наблюденія угломѣрнаго инструмента на точку границы G и, сдѣлавъ на лимбѣ отсчетъ, повертываются на уголъ GAB ; послѣ чего по трубѣ вѣшатъ линію AB и, дѣлая просьбъ, отмѣряютъ длину AB .

Если же на мѣстности указаны только точки A и B , а границы участка $AGFB$ не даны, то на мѣстности прокладываютъ сомкнутый полигонъ $AGFBEDCA$, проходя черезъ лѣсъ короткими линіями, по возможности избѣгая дѣлать порубки; а затѣмъ, придя домой, накладываютъ обойденный полигонъ и опредѣляютъ азимуть (AB) и длину AB или по плану графически, или же вычисляютъ ихъ по координатамъ точекъ A и B , вычисливъ сперва координаты всѣхъ вершинъ полигона $AGFBEDCA$.

Если точки A и B заранее даны координатами и на мѣстности имѣется еще третья данная точка L , координаты которой также извѣстны, то длина AB и азимуть (AB), какъ равно длина LA и азимуть (AL), находятъ вычисленіемъ по формуламъ, даннымъ на стр. 233 (I части) въ пунктахъ 6) и 7) для случая, когда по координатамъ концовъ прямой ищется азимуть и ея длина, а именно:

$$tg\alpha = tg(AB) = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} \text{ и } AB = \sqrt{(y_B - y_A)^2 + (x_B - x_A)^2}$$

$tg\alpha' = tg(AL) = \frac{y_L - y_A}{x_L - x_A}$. Уголъ поворота линіи AB отъ AL равенъ $LAB = \beta = \alpha' - \alpha$. Точно также если точка L не дана, то уголъ $CAB = (AB) - (AC)$; при чемъ (AB) и (AC) вычисляются послѣ обхода полигона $AGFBEDCA$, а именно (AC) по ходу, а (AB) по координатамъ точекъ A и B .

§ 88. Разысканіе точекъ границъ, привязанныхъ къ пунктамъ сѣти, начинается съ того, что становятся съ угломѣрнымъ инструментомъ примѣрно тамъ, гдѣ предполагается была привязанная точка O (черт. 164, стр. 194) и въ новой точкѣ O' измѣряются два угла α' и β' , если привязка была сдѣлана по задачѣ Потенота.

По этимъ измѣреннымъ угламъ и координатамъ точекъ сѣти вновь повторяютъ вычисленіе задачи Потенота.

Найдя координаты точки O' , по извѣстной задачѣ аналитической геометріи находятъ разстояніе $O'O$ и азимуть его, пользуясь при этомъ формулами:

$$tg(O'O) = \frac{y_0 - y_{0'}}{x_0 - x_{0'}} \text{ и } O'O = \sqrt{(y_0 - y_{0'})^2 + (x_0 - x_{0'})^2}$$

или

$$\overline{O'O} = m = \frac{y_0 - y_{0'}}{\sin(O'O)} = \frac{x_0 - x_{0'}}{\cos(O'O)}.$$

По азимутамъ двухъ линій $O'P$ и $O'O$ получаютъ уголъ $PO'O$ какъ разность этихъ азимутовъ. Въ точкѣ O' отмѣ-

ряютъ уголъ $PO'O$, а затѣмъ отъ точки O' до O разстояніе $m = O'O$ и разыскиваютъ подземные признаки въ точкѣ O Указаннымъ путемъ можетъ найтись привязанная точка O границы OMX . Перенеся въ нее инструментъ, отмѣряютъ примычный уголъ γ_1 и, найдя направление линіи OM на мѣстности, отмѣряютъ длину OM , послѣ чего переносятъ инструментъ въ точку M и здѣсь по углу поворота и длинѣ линіи находятъ слѣдующую точку границы и т. д.

При разысканіи точки O , привязанной промѣромъ (черт. 164) поступаютъ въ обратномъ порядкѣ тому, который велся при привязкѣ, а именно: ставъ въ точку P , отмѣряютъ 2-й примычный уголъ SPO , затѣмъ прямую (или ломанную) PO и, найдя точку O , отмѣряютъ 1-й примычный уголъ γ , который даетъ направление линіи OM границы участка.

При разысканіи точекъ, привязанныхъ къ постояннымъ предметамъ мѣстности также сперва находятъ положеніе на мѣстности привязанной точки X , пользуясь сдѣланными при привязкѣ промѣрами, а затѣмъ уже прокладываютъ, пользуясь примычнымъ угломъ α и самое направление XZ .

§ 89. О разысканіи пункта, привязаннаго къ постояннымъ предметамъ, по способу Марена. Разысканіе точки P , привязанной къ тремъ постояннымъ предметамъ мѣстности A , B и C (черт. 165) начинается съ того, что, ставъ, сообразно съ чертежемъ, сдѣланнымъ на планѣ, вблизи точки P , измѣряютъ въ этой точкѣ углы между направленіями на тѣ же три предмета мѣстности A , B и C . Сравнивая вновь полученные углы съ записанными на планѣ, можно сообразить, въ какую сторону слѣдуетъ подвигаться отъ избранной точки для того, чтобы числовыя величины привязочныхъ угловъ возможно ближе подошли къ записаннымъ на планѣ.

Если вновь избранная точка дастъ желаемый результатъ, то ограничиваются двумя точками стоянія, если же нѣтъ, то повторяется перемѣщеніе до тѣхъ поръ, пока въ точкѣ N углы будутъ ближе подходить къ записаннымъ на планѣ, чѣмъ въ ранѣе избранной точкѣ M .

Итакъ, пусть MN то направленіе, по которому мы передвигались; оно указано на чертежѣ стрѣлкой. Обозначимъ разстояніе MN черезъ ρ , разстояніе отъ P до A черезъ α , углы, считаемыя отъ направленія MN на точку A въ точкѣ M черезъ α_1 , на B —черезъ β_1 и на C —черезъ γ_1 ; тѣ же углы въ точкѣ N пусть будутъ соотвѣтственно α_2 , β_2 , γ_2 , а въ точкѣ P — α , β и γ (считая ихъ отъ направленія, параллельнаго MN).

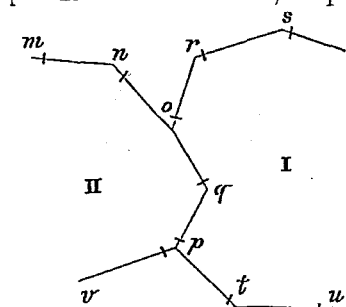
Примемъ точку M за начало координатъ, направленіе MN —за ось x -овъ и изъ P опустимъ перпендикуляръ Pp на MN , тогда координаты искомой точки M будутъ $Mp = x$ и $pP = y$.

Для отысканія x и y необходимо составить и рѣшить два уравненія ¹⁾

$$\begin{aligned} [(\beta - \alpha) - (\beta_1 - \alpha_1)] \cdot \rho &= [(\beta_2 - \alpha_2) - (\beta_1 - \alpha_1)] x + \\ &+ [(\beta_2 - \beta_1) \operatorname{ctg} \beta_1 - (\alpha_2 - \alpha_1) \operatorname{ctg} \alpha] \cdot y \\ [(\gamma - \beta) - (\gamma_1 - \beta_1)] \cdot \rho &= [(\gamma_2 - \beta_2) - (\gamma_1 - \beta_1)] x + \\ &+ [(\gamma_2 - \gamma_1) \operatorname{ctg} \beta_1 - (\beta_2 - \beta_1) \operatorname{ctg} \beta] \cdot y. \end{aligned}$$

§ 90. Разысканіе границъ на мѣстности по межевымъ документамъ (по плану или межевой книгѣ) и возобновленіе межевыхъ признаковъ. На мѣстности, для обозначенія границъ земельныхъ владѣній, согласно существующихъ статей межевыхъ законовъ, полагается въ точкахъ поворота межи ставить опредѣленной высоты и формы деревянные столбы), (или насыпать въ безлѣсной мѣстности курганы, складывать каменные столбы), вдоль линій межи пропахивать узкія полосы земли (межники), а въ лѣсу прорубать просѣки и рыть на межахъ ямы. Съ теченіемъ времени межевые признаки (столбы, ямы, межники, просѣки) утрачиваются: деревянные, обожженные снизу столбы, которыми обозначаются вершины угловъ между каждымъ двумя граничными линіями, сгниваютъ отъ сырости и падаютъ, ямы заплываютъ, особенно въ низкихъ луговыхъ мѣстахъ, и сглаживаются вровень съ землею, межники также постепенно запахиваются, просѣки въ лѣсу заростають. Нерѣдко знаки утрачиваются такъ, что мѣста ихъ существованія дѣлаются неизвѣстными даже мѣстнымъ жителямъ; между тѣмъ встрѣчается надобность въ разысканіи границъ (напр., при раздѣлѣ владѣнія) и въ возстановленіи (возобновленіи) утратившихся признаковъ.

Лучше всего сохраняются на мѣстности ямы; по нимъ не трудно найти и мѣста столбовъ, такъ какъ яма обыкновенно роется *впередъ по межѣ*, въ разстояніи одной сажени отъ столба, и земля изъ ямы выбрасывается по обѣ стороны отъ межника, образуя такъ называемый развалъ.



Черт. 171.

Обыкновенно при малѣйшихъ признакахъ межевой ямы сначала снимають дернъ, гдѣ (по плану) долженъ стоять межевой столбъ и стараются опредѣлить, — не сохранился ли въ землѣ обожженный конецъ столба, яму же зондируютъ желѣзнымъ ломомъ, прислушиваясь, не будетъ ли удара о камни, положенные при межеваніи на дно ямы.

Межуемая дача при обходѣ ея, держится всегда *вправо*, и если сперва была обмежевана дача I (черт. 171), то ямы у столбовъ $u, t, p, q, o, r, s, \dots$ бу-

¹⁾ См. полный курсъ Низшей Геодезіи С. М. Соловьева.

дутъ находиться по *прялому ходу, впередъ по межѣ*; при межеваніи же смежной дачи II, часть границы *оqr* будетъ общей съ дачей I; эта часть вновь не обходится и на ней новыхъ ямъ не роется; если же идти по межѣ II дачи, то ямы при столбахъ *о, q* и *р* окажутся *назадъ по межѣ*, ибо *оqr* будетъ *обратный ходъ* пройденному *рqо* по межѣ дачи I.

При разысканіи мѣста утратившагося столба всегда слѣдуетъ сообразить съ планомъ,—на прямомъ или обратномъ ходѣ ищется столбъ, а по опросу мѣстныхъ жителей, гдѣ находится дача, для которой возобновляются признаки,—вправо или влѣво отъ линіи межи. Сама же линія узнается по имѣющемуся на планѣ и измѣренному вновь ея румбу и по ея длинѣ, или иначе, по мѣрѣ линіи.

Положеніе границъ владѣній при первоначальномъ (генеральномъ, т.-е. общемъ и при спеціальномъ) межеваніи дачи опредѣлялось у насъ, въ Россіи, съ точностію для угловъ до $15'$ ($\frac{1}{4}^\circ$), т.-е. съ тою, которую допускали въ то время угломѣрные инструменты,—графометры и астролябіи съ діоптрами, а точность измѣренія линій зависела отъ мѣрной стальной цѣпи (шестидесятиколѣнной или аршинной, семидесятиколѣнной или футовой) а потому, прокладывая линіи по даннымъ величинамъ съ плана на мѣстность, т.-е. производя новыя дѣйствія съ новыми неизбежными погрѣшностями, нельзя ожидать, чтобы возобновляемая граничныя линіи ложились математически вѣрно по тѣмъ именно линіямъ, которыя были пройдены при начальномъ межеваніи: поэтому, прежде чѣмъ возобновить границы, надо предварительно разыскать старые признаки, для чего произвести новый частичный инструментальный обходъ границы между сохранившимися въ разныхъ мѣстахъ межи знаками, съ тою цѣлію, чтобы потомъ, сколь возможно правильнѣе, назначить мѣста утратившихся *промежуточныхъ* пунктовъ.

При разысканіи границъ какой-либо дачи могутъ представиться слѣдующіе четыре случая:

1) на всей окружной межѣ, или въ той ея части, въ которой происходитъ возобновленіе границъ, сохранились два знака, принадлежащіе одной и той же линіи,

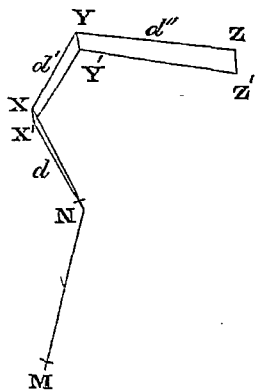
2) на всей окружной межѣ сохранились два знака, не принадлежащіе одной и той же линіи, но вѣха, поставленная при одномъ, видна изъ другого,

3) на межѣ сохранился одинъ знакъ,

и 4) не сохранилось на межѣ ни одного признака.

Первый случай. Пусть на мѣстности сохранились два знака, напр., двѣ ямы. Сообразуясь съ тѣмъ, что эти ямы лежатъ на прямомъ или обратномъ ходѣ межуемой дачи ¹⁾,

¹⁾ въ чемъ убѣждаются по плану и изъ опроса мѣстныхъ жителей относительно того, гдѣ лежитъ межуемая дача—вправо или влѣво отъ линіи, и какая смежная дача находится по другую сторону отъ линіи, опредѣляемой двумя ямами.



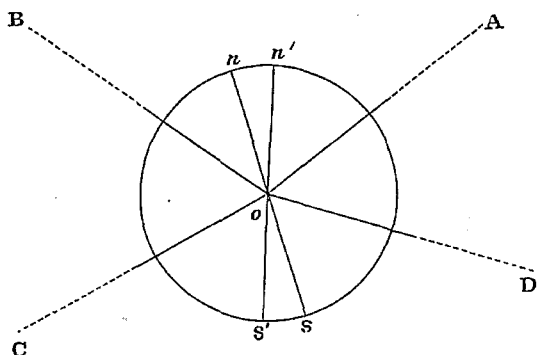
Черт. 172.

а также и по сохранившимся разваламъ ямъ, выставляютъ въ разстояннхъ одной сажени отъ каждой изъ нихъ по вѣхѣ *M* и *N* (черт. 172). Створъ этихъ вѣхъ долженъ выразить направление меженка, а мѣста вѣхъ—тѣ точки, гдѣ стояли столбы при межеваніи; однако послѣднее можно допустить въ томъ случаѣ, если разстояние между ямами отличается отъ 250 саж.¹⁾, такъ какъ на длинныхъ меженкахъ роятся еще ямы черезъ каждыя 250 саж., а также, если они отличаются и отъ разстоянія ямы до ближайшаго поворота межи на длинной линіи, показанной на планѣ. На мѣсто вѣхи *M* ставятъ инструментъ съ буссолью и опредѣляютъ азимуть (или румбъ) линіи *MN* и измѣряютъ ея длину; послѣ чего на планѣ по указанному смежству отыскиваютъ линію имѣющую ту же длину, а направление (румбическій уголъ) по величинѣ близко подходящее къ измѣренному; линія, удовлетворяющая этимъ условіямъ и будетъ искомая. Если по указанному смежству имѣются нѣсколько линій, румбы и длина которыхъ близко подходятъ къ измѣреннымъ, то выбираютъ ту изъ нихъ, длина которой ближе всего подходитъ къ измѣренной на мѣстности, ибо румбъ можетъ мѣняться съ измѣненіемъ склоненія стрѣлки. Если на планѣ въ картушѣ значится, что планъ составленъ по истинному меридіану, то разность между румбическими углами, показаннымъ на планѣ и измѣреннымъ на мѣстности, выразитъ склоненіе стрѣлки во время разысканія признаковъ; если же граница нанесена на планъ по магнитному меридіану, то эта разность покажетъ измѣненіе склоненія стрѣлки за время, протекшее со времени составленія плана при первоначальномъ обмежеваніи дачи.

Здѣсь вообще отмѣтимъ себѣ, что если бы, напр., во время межеванія магнитная стрѣлка имѣла направленіе *ns* (черт. 173) и линія *oA* имѣла румбъ сѣверо-востокъ (*NO*: $60\frac{1}{2}^{\circ}$) а во время разысканія магнитный румбъ той же линіи оказался *NO*: $58\frac{3}{4}^{\circ}$, то разность $60\frac{1}{2} - 58\frac{3}{4} = 1\frac{3}{4}^{\circ}$ указала бы, что стрѣлка уклонилась сѣвернымъ концомъ къ востоку на $1\frac{3}{4}^{\circ}$, занявъ положеніе *n's'* и слѣдовательно всѣ граничныя линіи дачи также измѣнятъ числовыя величины румбовъ противъ записанныхъ на планѣ на эту же величину въ $1\frac{3}{4}^{\circ}$, а именно: числовая величина румбовъ линій съ названіями сѣверо-востокъ (линія *OA*) и юго-западъ (*SW*) линія *OC*, при указанномъ уклоненіи стрѣлки сѣвернымъ концомъ къ востоку, уменьшится, а числовая

¹⁾ Около 750 шаговъ.

величина румбовъ линий съ названіями NW и SO , т. е. линии OB и OD —увеличится. Сдѣлавъ каждый разъ подобное соображеніе и перечисливъ всѣ румбы плана, продолжаютъ разысканіе границъ далѣе, для чего переносятъ инструментъ въ точку N и, направивъ трубу на M , дѣлаютъ отсчетъ a^0 на лимбѣ, затѣмъ, взявъ величину *внутренняго* угла MNX съ плана (или высчитавъ ее по записанному



Черт. 173.

астролябическому) и, имѣя въ виду, что подпись дѣлений на лимбѣ идетъ по ходу часовой стрѣлки, что межуемая дача лежитъ вправо по ходу и что *внутренній* уголъ $MNX = a - b$, гдѣ b отсчетъ, дѣлаемый по лимбу при наведеніи зрительной трубы на X , опредѣляютъ величину отсчета $b^0 = a - MNX^1$) и устанавливаютъ на него верньеръ по лимбу, закрѣпивъ алидаду, получаютъ по трубѣ направленіе линии NX . Убѣдившись, что магнитная стрѣлка показываетъ перечисленный румбъ линии NX , провѣшиваютъ по направленію коллимаціонной плоскости трубы линію, по направленію которой отмѣряютъ отъ N длину $NX = d$, записанную на планѣ и въ концѣ ея забиваютъ колышекъ. Если линія идетъ по мѣстности съ значительными углами наклоненія (большими 2^0), то, воспользовавшись записью на планѣ величинъ этихъ угловъ, вводятъ (придаютъ) поправки къ записаннымъ на планѣ горизонтальнымъ проложеніямъ линіи.

При концѣ отложенной линіи внимательно осматриваютъ мѣстность и смотрятъ, нѣтъ ли гдѣ вблизи признаковъ бывшей межевой ямы; при разрываніи земли въ такомъ мѣстѣ, на извѣстной глубинѣ, могутъ оказаться камни и уголья, что и подтвердитъ, что здѣсь дѣйствительно была межевая яма, которую и расчищаютъ. По плану, сообразуясь съ мѣстомъ найденной ямы, намѣчаютъ мѣсто бывшего столба X , отъ котораго назадъ провѣшиваютъ линію

¹⁾ Напр., ($a = 20^0 12'$ и $MNX = 240^0 8'$, то $b = 20^0 12' - 240^0 8' = 140^0 4'$).

AN ; а съ точки X продолжаютъ разысканіе границъ, расчистивъ въ лѣсной мѣстности просѣкъ къ X на N . Если же вблизи точки X , замѣченной (по промѣру линіи NX) колышкомъ, никакихъ межевыхъ признаковъ не окажется, то въ точкѣ X устанавливаютъ угломерный инструментъ, центрируютъ надъ колышкомъ и приведя инструментъ въ горизонтальное положеніе, отмѣряютъ ранѣе описаннымъ приемомъ уголъ NXY , свѣряютъ румбъ, отсчитанный по стрѣлкѣ для линіи XY съ перечисленнымъ румбомъ плана отмѣриваютъ вдоль провѣшенной линіи XY ея длину d' . Если и въ Y признаковъ не окажется, то по инструменту отмѣряютъ уголъ XYZ и вѣшатъ линію YZ , на которой лентой отбиваютъ ея длину d'' . Допустимъ, что идя отъ точки N по плану, т. е. по внутреннимъ угламъ и мѣрѣ линій, дошли, наконецъ, до точки Z , гдѣ вблизи нея нашлась яма и по ней назначили мѣсто столба Z' . Если невязка ZZ' незначительна, то продолжаютъ разысканіе далѣе, начиная съ точки Z' , куда переносятъ инструментъ. Если же разстояніе ZZ' будетъ и значительно по величинѣ, напр., 10 саж., однако не превыситъ $\frac{1}{200}$ доли пройденнаго периметра $d + d' + d''$, то, прежде чѣмъ продолжать разысканіе далѣе, дѣлаютъ разысканіе признаковъ между Z и N *обратнымъ ходомъ*, причемъ поступаютъ двоякимъ образомъ.

1) Черезъ Z' проводятъ линію $Z'Y'$ параллельную ZY и, по промѣрѣ по ней ея длины d'' , ищутъ въ Y' мѣсто межевыхъ признаковъ, надѣясь на то, что Y' ближе ляжетъ къ бывшему межевому столбу или ямѣ, чѣмъ Y , такъ какъ невѣрное положеніе Y зависитъ отъ большаго числа и совокупности погрѣшностей проложенныхъ линій отъ N до Y , чѣмъ отъ Z' до Y' при обратномъ ходѣ, почему и считаютъ, что обратный ходъ можетъ лучше указать мѣста бывшихъ межевыхъ признаковъ. При обратномъ ходѣ нерѣдко и находятъ заплывшія ямы. Послѣ чего отъ Y' руководствуясь внутренними углами, проходятъ остальныя линіи до N .

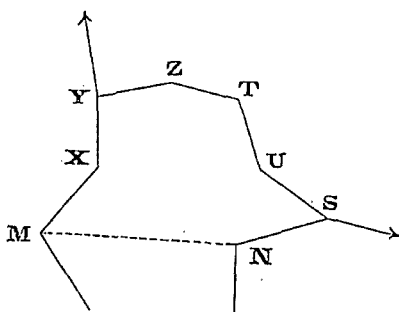
2) Измѣривъ румбъ и длину невязки ZZ' уничтожаютъ ее параллельными линіями, подобно тому, какъ это дѣлалось на планѣ, т. е. черезъ Y и X прокладываютъ линіи, параллельныя ZZ' , и на YY' и на XX' откладываютъ величины, вычисленныя изъ пропорцій:

$$\begin{aligned} YY' : ZZ' &= (d + d') : (d + d' + d'') \\ XX' : ZZ' &= d : (d + d' + d''). \end{aligned}$$

Такимъ образомъ, если выходятъ, при разысканіи нѣсколькихъ линій, на мѣсто Z сохранившагося знака, то признаки возобновляются въ тѣхъ мѣстахъ Y и X , гдѣ стоялъ инструментъ при прямомъ ходѣ съ N на Z . Если же получается невязка ZZ' , то знаки ставятся въ точкахъ Y' и X' , согласно разверстки невязки.

Второй случай. Пусть на межѣ сохранились только двѣ ямы, опредѣляющія мѣста M и N (черт. 174) межевыхъ столбовъ при нихъ, причѣмъ вѣха, поставленная въ точкѣ N , видна изъ точки M или обратно.

При опредѣленіи, — какія именно точки плана соотвѣтствуютъ существующимъ на мѣстности M и N , обращаются съ разспросами къ мѣстнымъ жителямъ о смежныхъ владѣніяхъ и объ указаніи мѣста, гдѣ сходятся три или болѣе владѣнія, т. е. стараются опредѣлить разстояніе сохранившагося знака до такъ называемаго *трехземельнаго пункта*, какъ, напр., пункта Y , а равно о разстояніи до существующихъ на межѣ и обозначенныхъ на планѣ естественныхъ предметовъ, какъ-то овраговъ, ручейковъ, дорогъ, каменныхъ построекъ и т. п., или угловъ, образуемыхъ направлениями на колокольни, церкви и близлежащихъ заводскихъ трубъ, флажштоковъ зданій, отдѣльныхъ деревьевъ, а равно о приблизительномъ направленіи межи при точкѣ стоянія (если яма сохранилась хорошо и замѣтенъ, развалъ вынутой изъ нея земли, то и онъ служитъ къ указанію приближеннаго направленія одного изъ межинокъ).



Черт. 174.

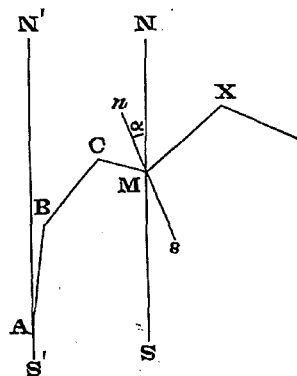
Собравъ всѣ эти свѣдѣнія ¹⁾ и сдѣлавъ всѣ нужныя измѣренія въ натурѣ, включительно до измѣренія румба и длины линіи, MN , а также румба линіи межи MX , землемеръ опредѣляетъ по плану, — какія именно точки плана надо принять за сохранившіяся и, измѣривъ по транспортиру румбъ линіи MN и высчитавъ по румбамъ MN и XM уголъ XMN , а по масштабу длину линіи MN , устанавливаетъ въ точкѣ M угломерный инструментъ и начинаетъ отъ линіи MN вести разысканіе признаковъ такъ же, какъ это дѣлается въ 1-мъ, только что разсмотрѣнномъ нами случаѣ.

Третій случай. На окружной межѣ сохранился одинъ знакъ. Подобно предыдущему случаю стараются опредѣлить изъ разспросовъ мѣстныхъ жителей и изъ собственныхъ измѣреній и соображеній, — какая точка на планѣ соотвѣтствуетъ данной на мѣстности. Дальнѣйшія же дѣйствія сообразуются съ тѣмъ, какъ составленъ планъ, т. е. а) нанесена ли окружная межа на планъ по истинному меридіану, б) окружная межа хотя и наложена по магнитному меридіа-

¹⁾ Здѣсь особенно ясно выступаетъ значеніе способа Марека и привязки къ постояннымъ предметамъ мѣстности.

ну, но въ картушѣ плана записано склоненіе магнитной стрѣлки, бывшее во время размежеванія и составленія плана межуемой дачи, и в) планъ составленъ по магнитнымъ румбамъ, взятымъ во время межеванія, но склоненіе стрѣлки не указано ни въ картушѣ плана, ни въ межевой книгѣ.

а) Пусть точка M (черт. 175) есть мѣсто столба, намѣченное по сохранившейся ямѣ.



Черт. 175.

Придя въ нее съ угломернымъ инструментомъ, опредѣляютъ направление NS истиннаго меридіана, ориентируютъ лимбъ нулевымъ діаметромъ по меридіану и отсчитываютъ склоненіе α магнитной стрѣлки. Затѣмъ, пользуясь записаннымъ истиннымъ румбомъ линіи MX , повертываютъ алидаду, а слѣдовательно и коллимаціонную плоскость трубы на уголъ NMX . Провѣсивъ по трубѣ линію MX и отложивъ записанную на планѣ ея длину, получаютъ первую линію разыскиваемой границы.

Далѣе поступаютъ по ранѣе описанному.

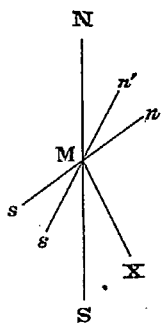
При отсчитываніи по стрѣлкѣ и сличеніи записанныхъ истинныхъ румбовъ съ измѣренными не слѣдуетъ упускать изъ вида, что они будутъ различаться на величину опредѣленнаго склоненія стрѣлки.

Если бы по мѣстнымъ условіямъ оказалось, что необходимыя наблюденія въ точкѣ M сдѣлать затруднительно, а болѣе удобно опредѣлить направление истиннаго меридіана $N'S'$ возможно въ точкѣ A , которую легко соединить полигономъ $ABCM$ съ точкою M , то, опредѣливъ азимутъ линіи AB по угламъ поворотовъ B и C , легко высчитать азимутъ линіи CM . Разность азимутовъ $(MC) - (MX) = CMX$, очевидно даетъ уголъ поворота CMX въ точкѣ M .

б) Если окружная межа нанесена по магнитному меридіану и извѣстно склоненіе стрѣлки для времени размежеванія дачи, то извѣстны (ибо ихъ легко высчитать) истинные азимуты (или румбы) всѣхъ линій межи, и слѣдовательно этотъ случай вполне аналогиченъ предыдущему, а потому, опредѣливъ направление истиннаго меридіана NS въ точкѣ M и склоненіе α стрѣлки ns , т. е. уголъ $\alpha = NMn$ и взявъ изъ картуши плана величину склоненія NMn' для времени размежеванія, получаютъ уголъ $n'Mn$ равный разности склоненій или иначе измѣненіе склоненія стрѣлки $n's'$ со времени размежеванія дачи до времени разысканія границъ; на величину склоненія легло исправить всѣ записанные румбы на планѣ и сличать ихъ съ получаемыми по стрѣлкѣ при возобновленіи границъ.

в) Если бы оказалось, что склонение стрѣлки не было записано только въ межевыхъ документахъ I-ой дачи, для которой разыскиваются межи, то тогда стараются найти его по межевымъ документамъ смежныхъ дачъ, одновременно размежеванныхъ съ той дачей, для которой разыскиваются признаки.

Если же и въ документахъ смежныхъ дачъ склонение стрѣлки не найдено, то берутъ въ смежной дачѣ линію съ двумя сохранившимися признаками и измѣряютъ ея румбъ. Сличая измѣренный румбъ съ записаннымъ на планѣ для той же линіи, легко найти (черт. 176) $n'Mn = n'MX - nMX$, т.-е. измѣненіе склоненія стрѣлки¹⁾, на величину котораго можно исправить всѣ магнитные румбы той дачи, для которой возобновляются границы; вслѣдствіе сего первую линію разыскиваемой межи придется проложить, пользуясь магнитной стрѣлкой, чтобы она, при вращеніи алидады, показала перечисленный магнитный румбъ; напр., во время межеванія записано, что румбъ линіи MX , т.-е. $n'MX$ равенъ $NW: 54\frac{1}{4}^{\circ}$; измѣненіе склоненія оказалось къ востоку на $6\frac{3}{4}^{\circ}$. Перечисляемый румбъ будетъ $NW (54\frac{1}{4} - 6\frac{3}{4}) = NW: 47\frac{3}{4}^{\circ}$, пользуясь имъ и прокладываютъ первую линію разыскиваемой границы.



Черт. 176.

Четвертый случай. Когда на всей окружной границѣ не сохранилось ни одного знака, тогда приходится начинать разысканіе и возобновленіе границъ отъ сохранившихся знаковъ одной изъ смежныхъ дачъ и вести его до трехземельнаго пункта разсматриваемой дачи. Если же на границахъ смежныхъ дачъ нѣтъ признаковъ, тогда ищутъ на границахъ смежныхъ со смежными или, иначе, на границахъ дачъ такъ называемаго слѣдующаго циркуля.

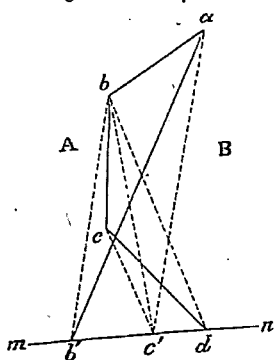
Возобновленіе межевыхъ признаковъ дѣлается правительственнымъ, на сей предметъ командируемымъ. землемѣромъ. Указаніе же направленія граничныхъ линій, безъ рытья ямъ и постановки столбовъ, безъ расчистки просѣковъ, можетъ быть сдѣлано каждымъ свѣдующимъ лицомъ.

Разысканіе признаковъ иногда дѣлается по магнитной стрѣлкѣ, но возобновленіе направленія границъ между разысканными признаками слѣдуетъ дѣлать по внутреннимъ угламъ между линіями межи.

1) Лучше, если такихъ линій будетъ взято не одна, а нѣсколько, и измѣненіе склоненія опредѣлится нѣсколько разъ. Среднее арифметическое, изъ опредѣленныхъ величинъ, принимается за окончательное.

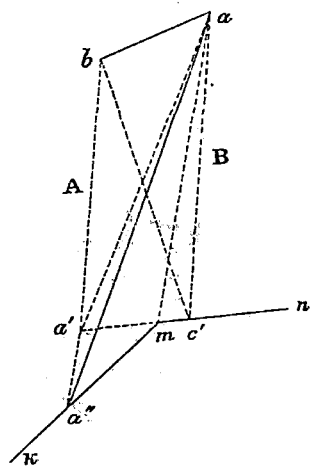
Выпрямленіе границъ участка и дѣленіе площадей фигуръ по заданнымъ условіямъ.

§ 91. Выпрямленіе границъ. Вопросъ о выпрямленіи границы



Черт. 177.

между двумя *равноценными* участками возникает иногда ради удобства, сопряженныхъ съ пользованіемъ этими участками въ хозяйственномъ отношеніи, а иногда и ради простоты формы самой границы и легкости ея возобновленія въ случаѣ ея утраты на мѣстности. Пусть, на примѣръ, ломанная линія $abcd$ (черт. 177), раздѣляющая два владѣнія, или два поля, A и B упирается въ прямую линію mn и намѣчается къ замѣнѣ ея одною прямою, выходящею изъ точки a . Задача разрѣшается сперва дома, на планѣ, чисто геометрическимъ путемъ, а именно: соединивъ двѣ вершины d и b полигона $dcba$, черезъ пропущенную точку c проводятъ параллель cc' , прямая bc' , соединяющая точку c' съ b , замѣнитъ ломанную bcd . Съ ломанною линіею ade' поступаютъ совершенно такъ же, какъ и съ bcd т.-е. соединяя c' съ a , проводятъ сперва $bb' \parallel ac'$, а затѣмъ, соединяютъ b' съ a . Прямая ab' и будетъ новою *спрямленною* границею, вмѣсто ранѣе существовавшей ломанной $abcd$. Въ полѣ придется лишь отмѣрить отъ точки d взятую съ плана длину db' вдоль данной прямой ndm и провѣстить прямую ab' , пользуясь угломъ $db'a$ при точкѣ b' , въ томъ случаѣ, если мѣстность закрытая, и высчитывая его по румбамъ линіи nm и линіи $b'a$, измѣреннымъ также по плану.



Черт. 178.

Въ томъ случаѣ, когда прямая nm мѣняетъ въ точкѣ m свое направленіе и переходитъ въ прямую mk (черт. 178), можетъ оказаться, что, при замѣнѣ ломанной abc' прямой, параллель къ ac' пересѣчь прямую nm не можетъ, такъ какъ точка m остается вправо отъ этой параллели, тогда слѣдуетъ nm продолжить и сперва найти точку a' . Линія aa' замѣнитъ ломанную abc' , и граница приметъ видъ ломанной линіи $aa'm$; послѣ

чего останется эту ломанную линію $aa'm$ замѣнить прямой aa'' , проведя предварительно $a'a''$ параллельно am . При рѣшеніи этой простой задачи, какъ извѣстно, площади

отрѣзковъ отъ участка A равняются площадямъ прирѣзковъ къ площади участка B .

Для проведения параллельныхъ линій на планѣ можно пользоваться съ большимъ удобствомъ параллельной линейкой Зарубина т. е. линейкой на двухъ роликахъ, сидящихъ на общей оси.

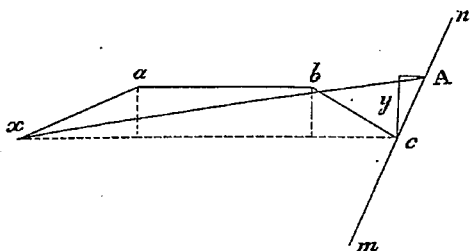
Если же при рѣшеніи той же задачи желали бы избѣжать графическаго рѣшенія, зависящаго отъ точности масштаба плана, то слѣдовало бы ломанную границу $xabc$ (черт. 179) снять въ полѣ методомъ координатъ относительно прямой xc (принимая ее за ось абсциссъ) и, пользуясь промѣрами, занесенными въ абрисъ, вычислить площадь p фигуры $sxcabc$. Пусть измѣренная діагональ $xc = d$; тогда, полагая, что xA есть искомая прямая, разрѣшающая нашу задачу, т. е. дающая площадь $\Delta sxA = p$, при основаніи $xc = d$, намъ останется найти высоту y этого треугольника изъ равенства

$$\frac{1}{2} dy = p, \text{ т. е. } y = \frac{2p}{d},$$

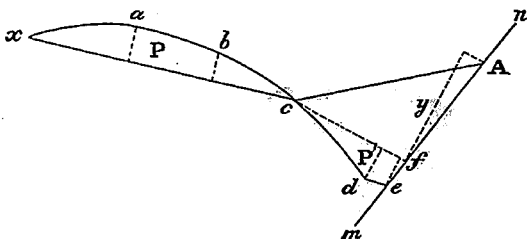
послѣ чего, возставивъ перпендикуляръ къ xc въ точкѣ c , отложить на немъ длину y и черезъ конецъ его провести параллель¹⁾ къ sx до встрѣчи ея въ точкѣ A съ прямой mn .

Подобнымъ же образомъ можно криволинейную границу $xabcde$ (черт. 180) замѣнить ломанной xcA , для чего необходимо снять кривую $xabc$ относительно прямой xc и высчитать площадь P фигуры $xabc$, а часть кривой cde снять относительно прямой cf , найдя также площадь $P' = cdefc$.

Дѣйствительно, такъ какъ площадь P , отрѣзанная отъ владѣнія, лежащаго внизъ отъ кривой $xabc$, не равна площади P' , прирѣзаемой къ этому же владѣнію отъ сосѣда, лежащаго выше кривой cde , то этому послѣднему надлежитъ прирѣзать разницу $(P - P')$, напримѣръ, прямой sA , при-



Черт. 179.



Черт. 180.

¹⁾ т. е. возставить перпендикуляръ къ перпендикуляру.

нявъ $cf=d$ за основаніе $\triangle$ -ка cfA равнаго по площади $P-P'$ и опредѣляя высоту его y изъ равенства

$$y = \frac{2(P-P')}{d}.$$

Примѣнимъ только что изложенное къ слѣдующимъ двумъ примѣрамъ ¹⁾:

а) Границею между двумя владѣніями K и L (черт. 181) служитъ кривая дорога AE , шириною въ 6 саж., ее нужно

спрямить такъ, чтобы начальная ея точка A и конечная E остались безъ измѣненія; изломъ можно допустить только по серединѣ ея, въ точкѣ B ; причемъ новое направленіе дороги не только не должно нарушить обоихъ владѣній по площади, но и избытокъ, полученный отъ спрямленія дороги, долженъ быть поровну раздѣленъ между обоими владѣльцами.

Пусть взаимное положеніе обѣихъ сторонъ дороги заснато ординатами относительно оси абсциссъ Ae , причемъ числовыя значенія координатъ x и y показаны на чертежѣ; точка A принята за начало координатъ.

Вычислимъ площадь F между прямой Ae и серединою дороги, пользуясь извѣстной, намъ изъ § 169 формулой

$$2F = \Sigma(x_{n+1} - x_{n-1}) y_n;$$

причемъ, подставляя сюда вмѣсто y полусуммы двухъ ординатъ, взятыхъ къ обоимъ краямъ дороги относительно одной и той же абсциссы, напр.,

$$y_1 = \frac{14,5 + 8,3}{2}$$

мы дѣлитель 2 отнесемъ къ лѣвой части равенства, такъ что, послѣ суммированія соответствующихъ произведеній, получимъ площадь $4F$.

$$y_1 (x_2 - x_0) = 22,8 \times 61,2 = 1395,36.$$

$$y_2 (x_3 - x_1) = 26,8 \times (108,3 - 29,5) = 26,8 \times 78,8 = 2111,84$$

$$\dots \dots \dots 25,5 \times 98,5 = 2511,75.$$

$$\dots \dots \dots 42,0 \times 92,0 = 3864,00.$$

$$y_5 (x_6 - x_4) = 43,2 \times 72,1 = 3114,72.$$

$$y_6 (x_7 - x_5) = 25,0 \times 60,7 = 1517,50.$$

$$\dots \dots \dots 22,6 \times 78,2 = 1767,32.$$

$$\dots \dots \dots 26,3 \times 78,4 = 2061,92.$$

Черт. 181.

¹⁾ См. *F. G. Gauss.* — Die Teilung der Grundstücke insbesondere unter Zugrundelegung rechtwinkligen Koordinaten.

$$\begin{aligned} & \dots\dots\dots 43,2 \times 52,1 = 2250,72. \\ & \dots\dots\dots 41,3 \times 50,0 = 2065,00. \\ y_{11}(x_{12} - x_{10}) &= 24,2 \times 27,3 = 660,66. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4F &= 23320,79 \\ 2F &= 11660,40. \end{aligned}$$

Согласно заданному условию, поворотъ въ точкѣ B долженъ быть по серединѣ между точками A и E , т. е. абсцисса точки B будетъ $\frac{389,4}{2} = 194,7$; площадь же F между Ae и серединою новой дороги выразится суммою 2-хъ площадей: $\triangle AbB$ и трапеціи $BEeb$ или, что то же самое, суммой площадей двухъ треугольниковъ ABe и eBE , т. е. $Ae \cdot bB + eE \cdot be = 2F$.

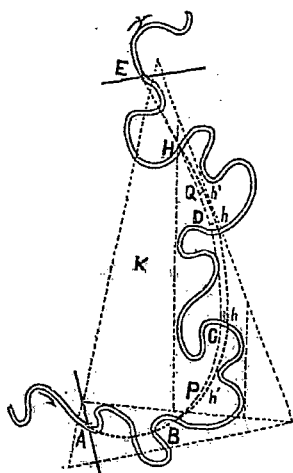
Откуда замѣняя $2F$ черезъ 11660,40, eE черезъ 12,1, be черезъ 194,7 и наконецъ Ae — черезъ 389,4, найдемъ.

$$bB = \frac{11660,40 - 12,1 \times 194,7}{389,4} = 23,895.$$

Отложивъ ординату bB , получимъ середину B новой дороги, отмѣривъ въ обѣ стороны отъ нея по 3 саж., проведемъ къ линіямъ AB и BE параллели, которыя и дадутъ искомое положеніе выпрямленной дороги, рѣшающее нашу задачу.

б) Если бы отъ A до E (черт. 182) границею между владѣльцами K и L была бы середина довольно извилистаго ручья и нужно было бы выправить ложе ручья, уничтоживъ излучины и придавъ оси ручья видъ плавной кривой, притомъ не только не нарушающей площадей владѣній, но и дѣлящей получающійся избытокъ въ площади отъ замѣны стараго ложа ручья новымъ пополамъ, то задачу приходится рѣшать путемъ послѣдовательныхъ приближеній, а именно:

На мѣстности, примѣняясь къ существующимъ обстоятельствамъ (неровностямъ почвы, имѣющимся на лицо зданіямъ и т. п.) и къ заявленію владѣльцевъ, намѣчаютъ примѣрное приблизительное положеніе оси новаго ложа ручья и производятъ съемку какъ существующихъ обоихъ береговъ ручья, такъ и проектной кривой линіи. По составленному въ крупномъ масштабѣ чертежу вычисляютъ двѣ площади: F_1 — между проектной линіей и лѣвымъ берегомъ ручья и F_2 — проектной линіей и правымъ берегомъ. Если F_1 не равно F_2 , то проектная линія намѣчена неудачно: ее



Черт. 182.

слѣдуетъ передвинуть, чтобы уровнять обѣ площади. Съ этою цѣлью составляютъ полусумму $F_0 = \frac{F_1 + F_2}{2}$ и опредѣляютъ, которому изъ владѣльцевъ нарѣзано проектной линіей больше противъ слѣдуемой нормы. Допустимъ, что правому владѣльцу L нарѣзано линіею $ABCDHE$ больше на величину $F_1 - F_0 = f$. Тогда подвинемъ эту кривую въ сторону владѣнія K такъ, чтобы ея точки B и H остались на мѣстѣ, а вновь намѣчаемая проектная линія, направляясь отъ D къ C , отошла отъ прежней на одну и ту же величину h , а отъ D къ H и отъ C къ B пошла бы постепенно приближаясь къ первоначальной проектной линіи.

Величину h приближенно найдемъ изъ равенства

$$2f = BC \cdot h + 2CD \cdot h + DH \cdot h,$$

т. е.

$$h = \frac{2f}{BC + 2CD + DH}.$$

Найденную ширину h откладываютъ *полностью* въ любой точкѣ вдоль всей кривой DC , и на нее передвигаютъ первоначально намѣченную проектную линію между точками D и C ; для постепеннаго же приближенія новой кривой къ старой, между C и B , въ любой ея точкѣ P кривой BC , а также между D и H , въ любой точкѣ Q кривой DH , высчитываютъ величину h' изъ пропорцій

$$h' : h = BP : BC$$

$$h' : h = HQ : HD.$$

Если бы изъ вычисленій оказалось, что h значительно передвигаетъ намѣченную кривую, то, исправивъ ее вновь провѣряютъ площади F_1 и F_2 отсѣкаемая проектной линіей отъ каждаго изъ владѣльцевъ, дабы путемъ послѣдовательныхъ приближеній намѣтить кривую, дающую незначительную величину f , а слѣдовательно и h , а также и h' .

Эвлехіе площадей.

§ 92. Дѣленіе площадей совершается обыкновенно по заданнымъ условіямъ владѣнія; при этомъ обыкновенно принимается во вниманіе цѣнность отдѣльныхъ угодій (пашни, луга, лѣса, выгона и т. п.). Цѣнность (иначе качество) угодья можетъ быть дана *абсолютная* въ видѣ стоимости одной его квадратной единицы, напр., десятины или въ видѣ дохода, получаемого съ нея, въ денежныхъ знакахъ (въ рубляхъ), въ урожаѣ зерна, въ укосѣ сѣна и т. п., или же качество дается *относительное* въ единицахъ площади другого угодья, напр., 3 десятины пашни равняются, по своей стоимости, одной десятинѣ лѣса, т. е. качество пашни равно $\frac{1}{3}$ качества лѣса.

Простѣйшій случай дѣленія площади состоитъ въ раздѣлѣ данной площади *одного* какого-либо угодья въ задан-

Третьему владѣльцу требуется отдѣлѣть участокъ въ южной части дачи пустоши Адамовки *одной линіей, параллельной оси у-овъ*, т. е. идущей съ Запада на Востокъ.

Между вторымъ и первымъ владѣльцами граница можетъ идти въ видѣ ломанной линіи.

Качества угодій заявлены слѣдующія:

1	десятина	лѣса	стоитъ	45	руб.
1	"	пашни	"	30	"
1	"	луга	"	40	"
1	"	выгона	"	20	"

Задача рѣшается рядомъ попытокъ или графически по плану, или путемъ вычисленія координатъ точекъ раздѣльных межъ.

Самая операція дѣленія можетъ вестись по абсолютнымъ или по относительнымъ качествамъ угодій.

Остановимся сперва на дѣленіи дачи графически по плану, по абсолютнымъ качествамъ.

Прежде всего высчитаемъ стоимость всей дачи пустоши Адамовки; она будетъ слагаться изъ стоимостей:

пашни	16,927	дес.	×	30	руб.	=	507	руб.	81	коп.
выгона	14,539	"	×	20	"	=	290	"	78	"
лѣса	6,278	"	×	45	"	=	282	"	51	"
луга	2,222	"	×	40	"	=	88	"	88	"

Всего . . 1169 руб. 98 коп.

Изъ этого числа на долю третьяго владѣльца приходится 0,1, т. е. участокъ стоимостью = 117 р. — к.

на долю второго 0,4, т. е. уч. стоимостью = 467 " 99 "

" " первого 0,5, " " " " = 584 " 99 "

Отношеніе владѣній 1:4:5 Сумма . 1169 р. 98 к.

Раздѣлъ начнемъ съ проведенія сѣверной границы (въ видѣ прямой) для третьяго владѣнія. Участокъ будетъ состоять изъ выгона, лѣса и луга. Средняя цѣнность для одной десятины ихъ $= \frac{45 + 40 + 20}{3} = 35$ руб. Общая же стоимость участка высчитана въ 117 руб., а потому приближительная его площадь будетъ $117 : 35 = 3,343$ десят.

Проведя на глазъ отъ конца дороги прямую, параллельную оси у-овъ, допустимъ, что она отсѣкла слѣдующія площади, вычисленныя планиметромъ: выгона—2,60 десятины, лѣса—0,70 десят. и лугу—0,50 десят., а всего на сумму $(2,60 \times 20 \text{ руб.} + 0,70 \times 45 + 0,50 \times 40) = 103$ руб. 50 к. Не достаетъ на $(117 \text{ р.} - 103 \text{ р. } 50 \text{ к.}) = 13 \text{ р. } 50 \text{ к.}$, приближительно площади, равной $(13 \text{ р. } 50 \text{ к.} : 35) = 0,386$ десятины. Приходится проектированную линію подвинуть параллельно самой себѣ такъ, чтобы отсѣченная площадь трапеции равнялась 0,39 десят.

Вслѣдствіе незначительности самой площади трапеціи, западная и восточная стороны будутъ также малы, и мы примемъ эту трапецію за параллелограммъ; тогда, измѣривъ по плану длину первоначально намѣченной линіи, оказавшейся равной 255 саж.; высчитываемъ высоту параллелограмма $= 0,386 \text{ дес.} : 255 \text{ саж.} = 886 \text{ саж.} = 255 = 3,50 \text{ саж.}$

Взявъ ее по масштабу и отложивъ на перпендикулярѣ къ первоначально намѣченной граничной линіи, проводимъ параллель къ этой послѣдней и вновь вычисляемъ отсѣченные площади; пусть оказалось, что теперь отсѣчено:

лѣсу	= 0,780 дес.,	по 45 р. за десят.	на сумму	35,10 руб.
выгону	= 2,885	" " 20 " " " "	" "	57,70 "
лугу	= 0,604	" " 40 " " " "	" "	24,16 "
				116,96 руб.

недостаетъ на 4 коп.

Такой нехваткой обыкновенно пренебрегаютъ.

Для раздѣла оставшейся части между вторымъ и третьимъ владѣльцами мы также сперва проведемъ линію, параллельную оси у-овъ, до встрѣчи ее съ западной граничной линіей (СЗ: 6° 06' длиной 287,86), чтобы она примѣрно отдѣлила второму владѣльцу площадь стоимостью въ 467 р. 99 коп. при среднемъ качествѣ въ 35 руб. или 467 руб. 99 к.: $35 = 13,346 \text{ десят.}$

Пусть оказалось, что второму владѣльцу проектной линіей отсѣчено:

лугу	— 0,90 дес.	× 40 руб.	= 36 руб.
выгону	— 6,55	" × 20 "	= 131 "
пашни	— 3,58	" × 30 "	= 107 " 40 к.
лѣсу	— 5,48	" × 45 "	= 246 " 60 "

Всего на 521 руб. — к.

Слѣдовало же отрѣзать на 467 " 99 "

Излишне отрѣзано на 53 руб. 01 к.

Этотъ избытокъ выключимъ изъ пашни.

По площади онъ будетъ 53 руб. 01 к.: $30 = 1,77 \text{ десятины}$; сдѣлавъ изломъ границы въ точкѣ встрѣчи проектной линіи съ дорогой, находимъ, что отсѣкаемый треугольникъ будетъ имѣть площадь $p = 1,77 \text{ дес.}$ и по плану основаніе a , равное 100 саж., и слѣдовательно его высота y будетъ опредѣляться формулою

$$2p = a \cdot y \quad \text{или} \quad y = 2p : a,$$

т. е.

$$2 \times 1,77 \text{ дес.} : 100 = 84,96 \text{ саж.}$$

Построивъ эту высоту, черезъ точку отложенія проводимъ линію, параллельную основанію до встрѣчи ее съ линіей СЗ: 6° 06'; точка встрѣчи и будетъ искомой вершиной отсѣкаемаго треугольника.

Провѣривъ затѣмъ площадь, оставшуюся на долю перваго владѣльца, т. е.

$$\begin{array}{rcl} \text{пашни} & 15,14 \times 30 = & 454 \text{ р. } 20 \text{ к.} \\ \text{выгону} & 5,10 \times 20 = & 102 \text{ „ } — \text{ „} \\ \text{лугу} & 0,72 \times 40 = & 28 \text{ „ } 80 \text{ „} \\ & & \hline & & 585 \text{ р. } — \text{ к.} \end{array}$$

убѣждаемся, что раздѣлъ сдѣланъ правильно.

Сдѣлаемъ дѣленіе той же дачи пустоши Адамовки, принимая во вниманіе *относительныя качества* угодій и примемъ за единицу не рубль, а десятину земли лучшаго качества, т. е. лѣса. Относительныя качества угодій будутъ:

для лѣса — 1, для пашни — $\frac{30}{45} = \frac{2}{3}$, для луга — $\frac{40}{45} = \frac{8}{9}$ и для выгона — $\frac{20}{45} = \frac{4}{9}$.

Пересчитаемъ теперь площадь каждого угодья, выражая его эквивалентнымъ количествомъ десятинъ лучшей земли (лѣса);

$$\begin{array}{rcl} \text{пашни} & 16,927 \text{ дес.} \times \frac{2}{3} = & 11,285 \text{ дес.} \\ \text{выгона} & 14,539 \text{ „} \times \frac{4}{9} = & 6,462 \text{ „} \\ \text{луга} & 2,222 \text{ „} \times \frac{8}{9} = & 1,975 \text{ „} \\ \text{лѣса} & 6,278 \text{ „} \times 1 = & 6,278 \text{ „} \\ \hline \text{Всего} & 39,966 & 26,000 \text{ дес.} \end{array}$$

Итакъ 39,966 десятинъ земли разнаго качества можно считать соотвѣтствующими 26,000 десятинъ лучшей земли.

Раздѣлъ совершается въ отношеніи 5:4:1; слѣдовательно

на долю 3-го владѣл. приходится 2,600 дес. лучшей земли.
 „ „ 2-го „ „ 10,400 „ „ „
 „ „ 1-го „ „ 13,000 „ „ „
 26,000 дес.

Третьему владѣльцу отсѣкаемъ площадь изъ разсчета, что въ составъ его владѣній войдутъ земли трехъ качествъ: 1, $\frac{8}{9}$ и $\frac{4}{9}$, дающія землю средняго качества въ

$$(1 + \frac{8}{9} + \frac{4}{9}) : 3 = \frac{21}{9} : 3 = \frac{7}{9}.$$

Такой земли средняго качества надо нарѣзать

$$\left(2,600 : \frac{7}{9} = 3,343 \right)$$

десятины. Проведя на глазъ (приблизительно) прямую, параллельную оси у-овъ и отдѣляющую площадь въ 3,343 дес. вычисляемъ планиметромъ точно, сколько именно отрѣзала проектная линія; пусть оказалось, что выгона отдѣлено 2,60 десятины, лѣса — 0,70 десятины и лугу — 0,50 десятины.

Перечисливъ ихъ въ десятины лучшаго качества, находимъ:

выгона	$2,60 \times \frac{1}{9} = 1,156$	дес. лѣса
лѣса	$0,70 \times 1 = 0,700$	" "
лугу	$0,50 \times \frac{8}{9} = 0,444$	" "

Всего. . . 2,300 дес. лѣса.

Слѣдовало отрѣзать 2,600 " "

Не достаесть 0,300 десятины лучшей земли или земли средняго $\frac{7}{9}$ качества не достаесть 0,386 десятины.

Далѣе поступаютъ такъ же, какъ и при дѣленіи дачи по абсолютнымъ качествамъ, т.-е. находятъ высоту y параллелограмма съ площадью въ 0,386 дес. = 886 □ саж. и съ основаніемъ въ 255 саж. (длина первоначальной проведенной проектной линіи), т.-е. въ $(936:255) = 3,5$ саж.

Найдя высоту y , построивъ ее и проведя новую проектную линію, параллельную первой, повторяютъ снова вычисленіе отрѣзанныхъ ею площадей планиметромъ, послѣ чего перечисляютъ ихъ на землю лучшаго качества.

Пусть при вторичной попыткѣ отсѣчено:

лѣсу	$0,780$ дес.	$\times 1 = 0,780$	дес. лѣса.
выгону	$2,885$ "	$\times \frac{4}{9} = 1,282$	" "
лугу	$0,604$ "	$\times \frac{8}{9} = 0,537$	" "

2,599 дес. лѣса.

Слѣдовало 2,600 " "

Не достаесть 0,001 дес. лѣса.

Такой нехваткой пренебрегаемъ.

Пусть далѣе для раздѣла оставшейся земли между вторымъ и первымъ владѣльцемъ мы провели также линію съ востока на западъ и ею отдѣлили земли:

лугу	$0,90$ дес.	$\times \frac{8}{9} = 0,80$	дес. лѣса
выгону	$6,55$ "	$\times \frac{4}{9} = 2,91$	" "
пашни	$3,58$ "	$\times \frac{2}{3} = 1,39$	" "
лѣсу	$5,48$ "	$\times 1 = 5,48$	" "

Всего . 11,58 дес. лѣса

Слѣдуетъ отрѣзать. . . 10,40 " "

Излишне отрѣзано . . . 1,18 дес. лучшей земли.

Такъ какъ излишекъ можно отдѣлить отъ пашни, слѣлавъ при дорогѣ изломъ границы, то 1,18 десятины лучшей земли равны $(1,18:\frac{2}{3}) = 1,77$ десятины пашни, такъ какъ качество одной десятины = $\frac{2}{3}$ качества лѣса. Приравнявъ 1,77 дес. равной площади треугольника, который слѣдуетъ отсѣчь отъ второго владѣльца и смѣривъ по плану основаніе (отъ дороги до западной границы) и найдя его равнымъ 100 саж., находимъ высоту y треугольника, равной

$(2 \times 1,77 \text{ дес.}) : 100 = 84,96 \text{ саж.}$ Построивъ у, проводимъ вторую граничную линію между вторымъ и первымъ владѣльцемъ.

Провѣряемъ число десятинъ, оставшееся на долю перваго владѣльца, находимъ:

пашни $15,14 \times \frac{2}{3} = 10,093 \text{ дес. лучшей земли.}$

выгону $5,10 \times \frac{1}{9} = 2,267 \text{ " " "}$

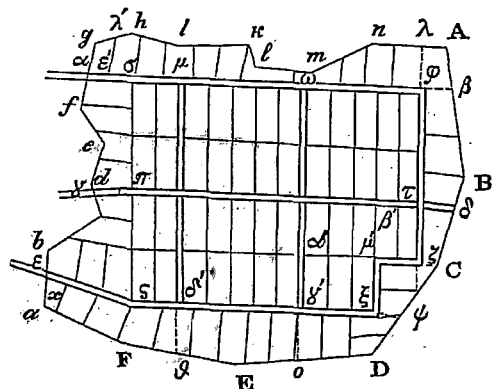
лугу $0,72 \times \frac{8}{9} = 0,640 \text{ " " "}$

13,000 дес. лучшей земли,

что и убѣждаетъ насъ въ вѣрности произведеннаго раздѣла.

§ 93. Разбивка поля на десятины. Снявъ въ натурѣ данное поле, накладываютъ его въ крупномъ масштабѣ на бумагу. Проектъ разбивки составляется по плану, на которомъ также должны быть обозначены направленія главнѣйшихъ скатовъ или, еще лучше, нанесены горизонталі. По направленію главнѣйшихъ скатовъ намѣтимъ діагонали отдѣльныхъ десятинъ для уменьшенія быстроты стока воды и уменьшенія размыва полей отъ дождя. Сообразно съ рельефомъ намѣтимъ и направленіе дорогъ, отдѣляющихъ другъ отъ друга такъ называемые *кварталы*, т.-е. прямоугольники, содержащіе два ряда по 5 или 6 десятинъ. Дороги намѣчаются шириною въ 1 саж., межкики между десятинами—въ 1 или 0,5 арш. Размѣръ десятины 30 саж. на 80 саж., или $40 \times 60 \text{ саж.}$, или $48 \times 50 \text{ саж.}$, заранее указывается самимъ владѣльцемъ. При съемкѣ должны быть опредѣлены углы наклона для введенія поправки въ длины линій за наклонъ.

Пусть снято поле *abghAβBDFa* (черт. 184), которое разбивается на десятины размѣромъ $30 \times 80 \text{ саж.}$ по 10 десятинъ въ кварталѣ.



Черт. 184.

На планѣ намѣтимъ прямую *аβ* вблизи сѣверной извилистой границы поля по возможности такъ, чтобы цѣлое число неправильной формы десятинъ вдоль нея было наименьшее. Отсѣкая это число не забудемъ прибавить къ нему то количество квадратныхъ саженой, которое необходимо для межикиковъ между десятинами, исходя при этомъ изъ расчета, что на каждую десятину въ кварталѣ, состоящемъ изъ 10—12 десятинъ требуется 12—15 кв. сажень. Затѣмъ подѣлимъ угломъ къ *аβ* проведемъ на востокъ другую прямую линію *φφ*.

Относительно этихъ линий сперва намѣтимъ дороги и кварталы, а затѣмъ уже перейдемъ къ разбивкѣ отдѣльныхъ десятинъ.

Чтобы намѣтить отдѣльные кварталы шириною по 5 десятинъ, замѣтимъ, что на 5 десятинъ потребуется: 5×30 кв. саж. + на 4 межника между ними по полуаршину каждый, — $4 \times \frac{1}{2}$ арш. = $\frac{2}{3}$ саж., а всего $150\frac{2}{3}$ саж.

Отложивъ отъ φ влѣво по линіи $\alpha\beta$ — $152\frac{2}{3}$ саж., получаютъ точку ω , отъ нея откладываютъ: сперва 1 саж. на дорогу между кварталами, затѣмъ вновь $152\frac{2}{3}$ саж., послѣ чего, получивъ точку μ , еще 1 саж. и, прикинувъ циркулемъ по масштабу длину $\mu\alpha$, намѣчаютъ еще двѣ десятины по 30 саж., т. е. 2×30 саж. + $\frac{1}{2} \times 2$ арш. для двухъ межниковъ, т. е. всего $60\frac{1}{3}$ саж. и откладываютъ линію $\mu\sigma$ = $61\frac{1}{3}$ саж.

Черезъ точки ω , μ и σ проводятъ линіи $\omega\gamma'$, $\mu\delta'$ и $\sigma\tau$, параллельныя $\varphi\psi$; на каждой изъ этихъ линій откладываютъ внизъ по $1 + 2 \times 80$ саж. + 1 арш. = $161\frac{1}{3}$ саж., получаютъ линію $\pi\tau$, отдѣляющую два полныхъ квартала по 10 десятинъ.

Подобнымъ же путемъ намѣтится линія $\rho\delta'\gamma'\xi$, отдѣляющая къ югу еще одинъ полный въ 10 десятинъ и 1 неполный въ 8 десятинъ кварталы. Выведя влѣво отъ границы $ABCD$ дороги, намѣчаютъ на краяхъ полъ отдѣльныя десятины, стараясь, чтобы онѣ не были остроугольны и не удобны для обработки: сначала это дѣлается на глазъ, а затѣмъ путемъ вычисленія опредѣляютъ, куда и на сколько нужно отодвинуть каждый межникъ. Тѣ части на краяхъ поля, гдѣ нельзя выдѣлить полныхъ десятинъ, нареѣзаютъ $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ десятины.

На мѣстности, разбивая проектъ, начинаютъ съ назначенія въ полѣ дорогъ. Взявъ съ плана промѣры $A\beta$ и ga отъ вершинъ A и g , проводятъ дорогу $\alpha\beta$, связавъ двѣ сохи на разстояніи 1 саж. или провѣшивъ линію $\alpha\beta$ и проведя сохою одну борозду, намѣчаютъ вѣхами линію, параллельную съ ней на разстояніи 1 саж. и пропахиваютъ вторую борозду. По линіи $\alpha\beta$ путемъ промѣра намѣчаютъ точки ω , μ , σ и α .

Подобнымъ же образомъ по промѣрамъ $F\theta$, $E\theta$, $B\theta$ и $d\gamma$, $C\varphi$, намѣтятся точки θ , α , d , φ , γ ,

Провѣшивъ линіи $\mu\theta$, $\omega\theta$, $\varphi\psi$, откладываютъ на нихъ 1 саж., $160\frac{1}{3}$, еще 1 саж. и проводятъ борозды для дорогъ и межниковъ.

Всѣ нужныя для проведенія дорогъ и межниковъ данныя необходимо *предварительно* подписать на планѣ.

Въ точкахъ μ , ω , φ , τ , μ' , δ' можно было бы воспользоваться экеромъ: провѣшивъ и проведя, напр., линію $\delta'\theta$, можно было бы затѣмъ промѣрить для контроля линію $E\theta$ и θF .