

528
17-15
Г-15

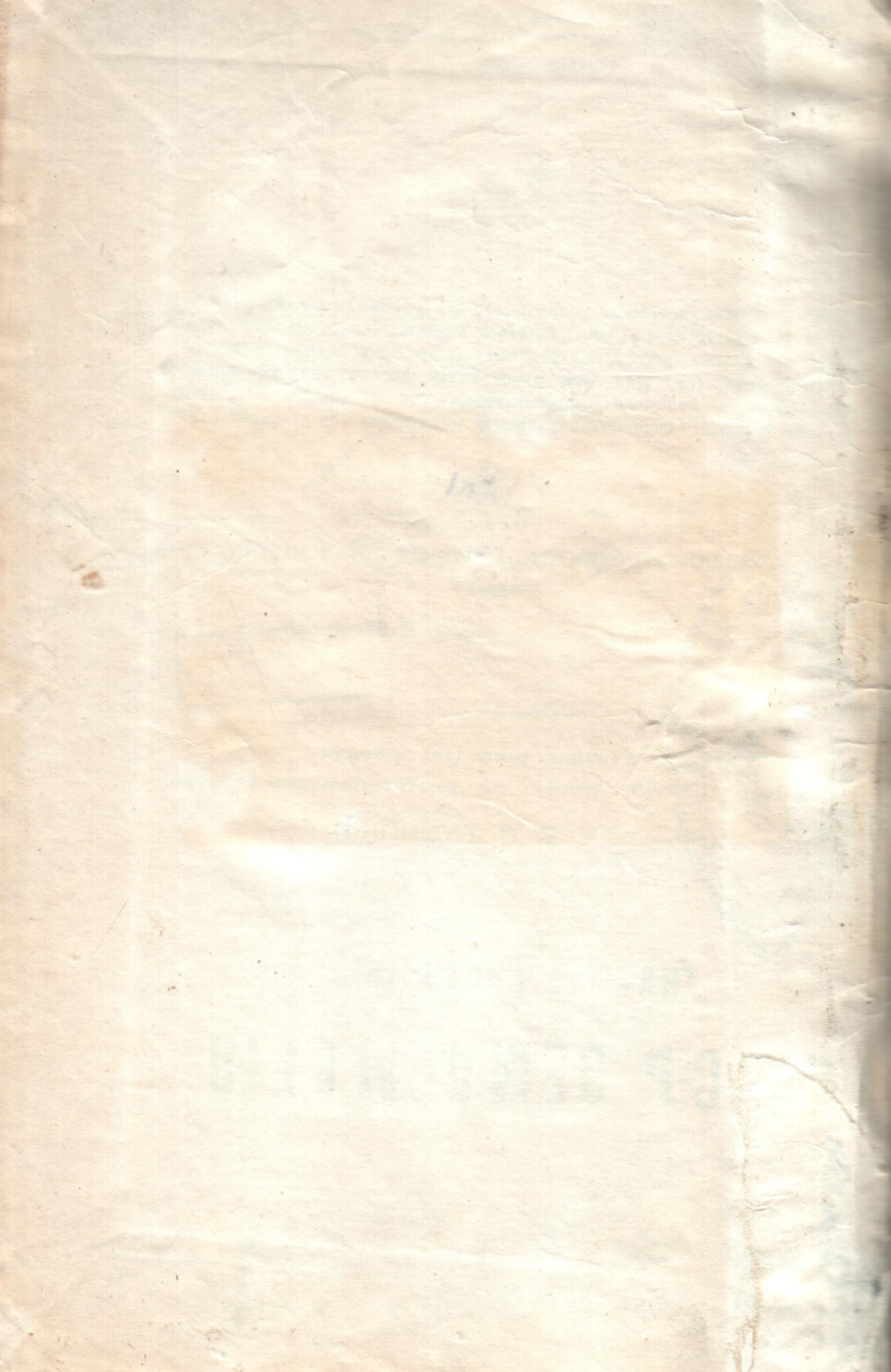
Лавинский В.С.

Куре Землетряс

— 12810 —

0 11

12740



144

4
528
Г-15

КУРСЪ ЗЕМЛЕМѢРІЯ

(Низшей Геодезіи)

Составилъ В. С. ГАЛИЦКІЙ

Преподаватель геодезіи, Директоръ Екатеринославскаго технического училища Мин. Пут. Сообщ.



Издание 3-е, просмотрѣнное и дополненное.

проверено
1966 г.

ЧАСТЬ I. Угломѣрные инструменты и съѣмки ими.



Во 2-мъ изд. книга рекомендов. Учебнымъ Комитетомъ при Учебномъ Отдѣлѣ Мин. Пут. Сообщ. въ качествѣ учебнаго пособия для техничес. ж. л. училищъ. Учебнымъ Комитетомъ Мин. Нар. Просв. книга признана заслужив. вниманія при пополненіи ученич. библіотекъ среднихъ и низшихъ технич. училищъ. Учебнымъ Комитетомъ Гл. Упр. Землеустр. и Землед. книга признана заслуж. вниманія при пополни. библіотекъ подвѣдомств. Гл. Управ. учебныхъ заведеній.



Handwritten text at the top, possibly including a name and a date or reference number. The text is partially obscured by a stamp.

Handwritten text, possibly a name or a title, written in a cursive script.

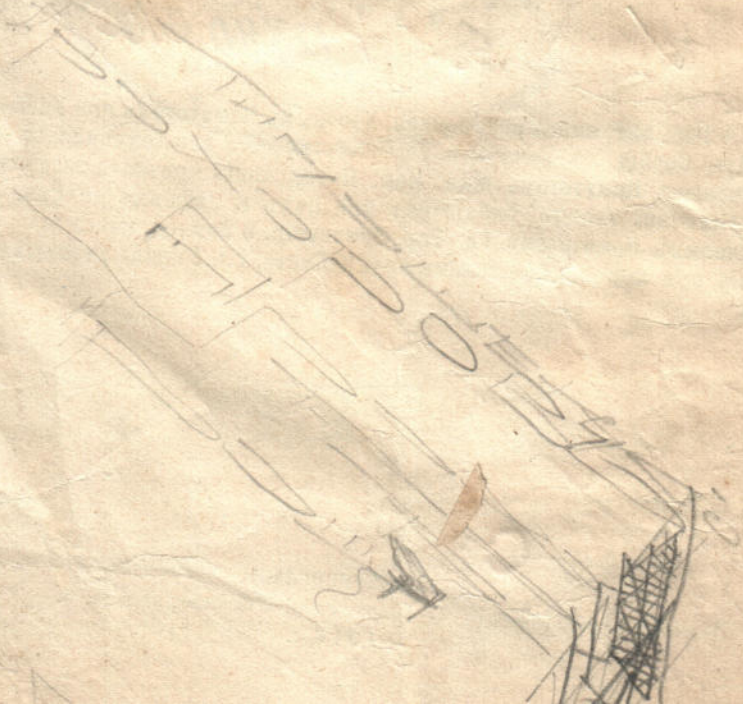
Handwritten text on the right side, possibly a date or a reference number.

Handwritten text on the left side, possibly a name or a title.

Handwritten text on the left side, possibly a name or a title.

Handwritten text on the right side, possibly a name or a title.

Handwritten text on the right side, possibly a name or a title.



ПРЕДИСЛОВІЕ къ 3-му изданію.

Вышедшее въ 1914 году 2-е изданіе настоящей книги разошлось въ теченіе 3-хъ лѣтъ и встрѣтило сочувственные отзывы заинтересованныхъ лицъ, особенно въ средѣ желѣзнодорожной. Книга нашла примѣненіе не только въ техническихъ жел. дор. училищахъ, но и въ нѣкоторыхъ сельско-хозяйственныхъ училищахъ, а также у техникумовъ и инженеровъ, работающихъ въ практической жизни.

Настоящее 3-е изданіе вновь пересмотрѣно по указаніямъ опыта и нѣсколько дополнено съ цѣлью сдѣлать его болѣе пригоднымъ для среднихъ техническихъ училищъ и другихъ среднихъ специальныхъ учебныхъ заведеній. Такъ—введено примѣненіе тригонометріи въ соответственныхъ мѣстахъ курса. Затѣмъ въ 1-й части книги, обнимающей угломѣрные инструменты и болѣе простыя съемки ими, расширенъ вопросъ объ отражательныхъ эккерахъ и о дѣленіи земли на участки. Во 2-й же части, въ которую войдетъ нивелированіе, ученіе о дальномѣрахъ и изысканія путей сообщенія, будетъ расширенъ вопросъ о тахеометрическихъ съемкахъ и добавлено о тригонометрической триангуляціи; въ отдѣлѣ нивелировки будетъ добавленъ нивелиръ новой системы Вильда (Цейса). Но общій планъ книги и характеръ изложенія остаются прежніе; я старался при этомъ принять во вниманіе не только научныя, но и педагогическія требованія,—стремился также къ тому, чтобы книга не отстала отъ новыхъ требованій жизни и практики. Она по прежнему можетъ служить и для самообразованія.

В. Галицій.

Апрѣль 1918 г. 182
Екатеринославъ.

Изъ ПРЕДИСЛОВІЯ ко 2-му изданію.

Настоящая книга составлена съ цѣлью дать руководство для изученія основаній землемѣрія,—достаточно серьезное въ смыслѣ научномъ и въ то же время доступно изложенное и приспособленное къ практическимъ потребностямъ жизни. При изложеніи я руководился соображеніемъ не оставлять въ книгѣ не разъясненныхъ мѣстъ, хотя бы это и вызывало значительное удлиненіе текста,—такъ какъ неразобранныя читателемъ темныя мѣста—во первыхъ отнимаютъ у него при изученіи массу времени, а во вторыхъ отбиваютъ охоту къ дальнѣйшему изученію предмета... Мною удѣлено много вниманія повѣркамъ землемѣрныхъ приборовъ, причѣмъ при изложеніи повѣрокъ нивелировъ примѣненъ пріемъ поворачиванія условно на чертежѣ разрѣзовъ цапфъ и гнѣздъ трубы, перпендикулярныхъ къ оси трубы, до совмѣщенія съ плоскостью чертежа при схематическомъ изображеніи боковыхъ видовъ главныхъ частей нивелировъ. Пріемъ этотъ, не встрѣчавшійся мнѣ въ другихъ руководствахъ, даетъ возможность наглядно и съ большей точностью объяснить повѣрки нивелировъ.

2-е изданіе переработано на основаніи моего продолжительнаго преподавательскаго опыта и практическихъ работъ въ этой спеціальности. Сравнительно съ 1-мъ изданіемъ сдѣланы нѣкоторыя дополненія, требуемыя жизнью, какъ то: усовершенствованный планиметръ Коради, накладка и вычисленіе площади по координатамъ, переходная кривая при разбивкѣ закругленій и пр.

ОГЛАВЛЕНІЕ.

Введеніе.

§§	Стр.
1. Предметъ землемѣрія	1
2. Измѣреніе небольшихъ пространствъ земной поверхности. Горизонтальное проложеніе линій	1
3. Горизонтальное проложеніе ломанной или кривой линіи, всѣ точки которыхъ лежатъ въ одной вертикальной плоскости	3
4. Длина горизонтальнаго проложенія линій	4
5. Горизонтальное проложеніе угла	4
6. Горизонтальное проложеніе многоугольника и криволинейной фигуры	5
7. Горизонтальное проложеніе цѣлой мѣстности и планъ ея	5
8. Измѣреніе большихъ пространствъ земной поверхности. Проложеніе на поверхность шара	6
9. Значеніе горизонтальнаго проложенія мѣстности въ практикѣ	7
10. Нивелированіе. Профиль	8

Глава I. Вѣшеніе линій.

11. Обозначеніе точекъ на мѣстности	9
12. Вѣшеніе линій	10
13. Случай вѣшенія линій	11

Глава 2. Измѣреніе линій на мѣстности.

14. Мѣрительные приборы	14
15. Производство измѣреній	16
16. Повѣрка ленты и цѣпи	19
17. Измѣреніе линій шагами. Педометръ. Измѣр. колесомъ. Глазомѣръ	20
18. Измѣреніе наклонныхъ линій. Таблица поправокъ	20
19. Эклиметръ. Высотомѣръ	27
20. Повѣрки эклиметра	28
21. Точность измѣренія линій	30
22. Задачи	31

Глава 3. О масштабѣ плана.

23. Простой линейный масштабъ. Численный масштабъ	32
24. Переходъ отъ линейнаго масштаба къ численному и наоборотъ	33
25. Поперечный или сложный масштабъ	35
26. Пользованіе однимъ и тѣмъ же построеннымъ масштабомъ для закладки плана въ другихъ масштабахъ	38
27. Точность масштаба плана	39
28. Масштабъ шаговъ	39

Глава 4. Съемка при помощи цѣпи, ленты.

29. Съемка вообще	40
30. Съемка угловъ, проведеніе перпендик. линій цѣпью (лентой), а также опредѣленіе направленія линій относительно странъ свѣта	41
31. Съемка цѣпью (лентой) обходомъ и треугольниками	43
32. Задачи, рѣшаемыя на мѣстности съ помощью цѣпи (ленты) и вѣхъ	44

Глава 5. Эккера.

33. Виды эккеревъ съ діоптрами	46
34. Употребленіе эккера при возстановленіи и опусканіи перпенд-ровъ	48
35. Повѣрки эккеревъ съ діоптрами	49
36. Возстановленіе и опусканіе перпендикуляровъ невѣрнымъ эккеромъ	52
37. Двухзеркальный эккеръ Адамса	53
38. Съемка эккеромъ	55
39. Задачи, рѣшаемыя эккеромъ	58
40. Отражательные эккера другихъ видовъ: однозеркальный эккеръ, трехзеркальный, однопризменный и двупризменный	62

Глава 6. Буссоли.

41. Магнитная стрѣлка. Намагничиваніе ея	66
42. Склоненіе стрѣлки	67
43. Измѣненія склоненія стрѣлки	67
44. Наклоненіе магнитной стрѣлки	68
45. Румбы линій мѣстности	69
46. Мѣры для избѣжанія ошибокъ въ названіяхъ румбовъ и въ направленіяхъ линій по заданнымъ румбамъ. Обратные румбы	70
47. Азимуты линій. Переводъ азимутовъ въ румбы и обратно	73
48. Опредѣленіе истинныхъ румбовъ и азимутовъ по магнитнымъ	74
49. Буссоли. Измѣреніе румбовъ	75
50. Отсчитываніе азимутовъ на буссоли	77
51. Установка буссоли при работѣ	79
52. Повѣрки буссоли	80
53. Буссоль Шмалькальдера	86
54. Буссоль Стефана	88
55. Повѣрка буссоли Стефана	89
56. Опредѣленіе угла между линіями мѣстности буссолью	90
57. Съемка буссолью	91
58. Преимущество и недостатки буссоли	93
59. Опредѣленіе склоненія магнитной стрѣлки	93
60. Задачи, рѣшаемыя буссолью	95

Глава 7. Астролябія съ діоптрами и ея употребленіе.

61. Понятіе объ астролябіи и объ измѣреніи ею угловъ	96
62. Вышній видъ астролябіи на трехъ подъемныхъ винтахъ	99
63. Составныя части астролябіи на трехъ подъемныхъ винтахъ	101
64. Астролябія иного устройства: гониометръ или пантометръ съ діоптрами	103
65. Устройство нониуса	104
66. Нониусъ съ 30 дѣленіями, построенный на дугѣ въ 29 дѣлен. лимба	105
67. Общее правило для отсчитыванія по нониусамъ. Опредѣленіе точности нониуса	107
68. Нониусъ съ нулевой чертой по срединѣ съ 12 дѣленіями	109
69. Нониусъ съ нулевой чертой по срединѣ съ 30 дѣленіями	110
70. О цилиндрическомъ уровнѣ	110
71. Зависимость между отклоненіемъ пузырька уровня отъ середины и угломъ наклоненія оси уровня	113
72. Чувствительность уровня	113
73. Круглый уровень	114
74. Штативы	115

	Стр.
65. Установка астролябии при работѣ	116
66. Измѣреніе весьма острыхъ или весьма тупыхъ угловъ астролябией	119
67. Повѣрка астролябии	119
68. Повѣрка дѣлений кольца буссоли помощью дѣлений лимба астролябии	129
69. Съемка астролябией. Обходъ окруж. межи участка. Абрисъ и журналъ	130
70. Правила для повѣрки угловъ румбами	134
71. Способы съемки подробностей внутри участка	138
72. Повѣрка съемки многоугольника	139
73. Точность работы разсмотр. приборами: эккерами, буссолью, гониометр.	140
74. Накладка окружной межи на планъ. Вычисленіе румбовъ для накладки	141
75. Невязка при накладкѣ окружной межи транспортиромъ и ея уничтоженіе. Накладка подробностей	145
76. Уходъ за астролябией	148
77. Задачи, рѣшаемыя на мѣстности астролябией	149

Глава 8. Мензула и ея употребленіе.

88. Понятіе о мензулѣ и объ измѣреніи ею угловъ	151
89. Подробное описаніе мензулы	152
90. Принадлежности мензулы: вилка, ориентиръ-буссоль, алидада съ уровнемъ	155
91. Повѣрки мензулы и ея принадлежностей	156
92. Съемка мензулой. Геометрическая триангуляція. Съемка подробностей	161
93. Съемка подробностей мензулой	164
94. Достоинства и недостатки мензульной съемки	166
95. Задачи, рѣшаемыя мензулой	166

Глава 9. Черченіе землемѣрныхъ плановъ.

96. Условія, требуемыя при выполненіи землемѣрныхъ плановъ	168
97. Чертежные инструменты	168
98. Чертежные матеріалы	173
99. Приготовленіе къ накладкѣ плана: очистка доски, варка крахмала, наклейка бумаги, очинка карандаша	177
100. Вычерчиваніе плана: накладка, размѣры невязки, обведеніе тушью, смываніе, раздѣлка, надписи, подчистки	179
101. Копированіе плановъ	186
102. Пантографъ. Его описаніе и употребленіе	188

Глава 10. Вычисленіе площадей плановъ.

103. Общія замѣчанія, касающіяся вычисленія площадей	190
104. Геометрическій способъ вычисленія площадей плановъ	190
105. Вычисленіе площади по непосредственнымъ измѣреніямъ на землѣ	193
106. Вычисленіе площадей помощью палетки	193
107. Описаніе планиметра Амслера	194
108. Употребленіе планиметра	196
109. Объясненіе дѣйствія планиметра	199
110. Планиметръ Коранди	203
111. Повѣрки планиметра	205
112. Точность вычисленія площадей разными способами	209

Глава 11. Зрительная труба землѣрныхъ приборовъ.

113.	Назначеніе трубы въ углоѣрныхъ инструментахъ. Составныя части трубы	213
114.	Подробности въ устройствѣ объектива и окуляра трубы. Сферическая и хроматическая аберрація лучей	213
115.	Свойства собирающихъ сферическихъ стеколъ	214
116.	Полученіе изображеній въ трубѣ	216
117.	Положеніе сѣтки нитей. Оптическая ось трубы	217
118.	Увеличеніе трубы	219
119.	Практическіе приемы для опредѣленія увеличенія трубы	220
120.	Поле зрѣнія трубы. Яркость изображенія. Сравненіе окуляровъ Рамсдена и Гюйгенса	222
121.	Установка трубы при работѣ. Параллаксъ сѣтки нитей	223
122.	Повѣрки трубы	225
123.	Чистка стеколъ трубы. Натяженіе нитей сѣтки	225

Глава 12. Углоѣрные инструменты съ зрительными трубами.

124.	Общій видъ углоѣрнаго инструмента съ трубой	226
125.	Разновидности углоѣрныхъ инструментовъ съ трубой. Теодолиты, пантометры	227
126.	Употребленіе углоѣрныхъ инструментовъ съ трубами	233
127.	Измѣреніе вертикальныхъ угловъ теодолитомъ и пантометромъ	237
128.	Повѣрки теодолита	237
129.	Повѣрки пантометра съ трубой	249
130.	Повѣрки буссоли при теодолитѣ	249
131.	Вѣшеніе длинныхъ линий съ помощью трубы теодолита	250
132.	Съемка теодолитомъ. Накладка снятаго многоугольника транспортиромъ	251
133.	Опредѣленіе высотъ предметовъ	253
134.	Опредѣленіе направленія истиннаго меридіана и склоненія магнитной стрѣлки съ помощью теодолита	254

Глава 13. Накладка по координатамъ.

135.	Понятіе о координатахъ. Приращенія координатъ	255
136.	Синусъ и косинусъ угла. Таблицы для вычисленія приращеній координатъ	257
137.	Невязка въ координатахъ и ея уничтоженіе	263
138.	Примѣръ вычисленія координатъ 5-угольника	265
139.	Накладка по найденнымъ координатамъ	266
140.	Проведеніе просѣки черезъ лѣсъ между двумя данными точками	269
141.	Вычисленіе площади по координатамъ	270

Дополнительныя статьи.

142.	Дѣленіе земли на участки	274
143.	Отысканіе по планамъ утерянныхъ границъ владѣній	

ВВЕДЕНИЕ.

§ 1. Предметъ землеѣрія. Въ жизни часто является потребность производить измѣренія на земной поверхности. Такъ—землевладелецъ измѣряетъ свой участокъ земли, чтобы узнать его площадь, а также величину и расположеніе отдѣльныхъ частей хозяйства, какъ напр. пашень, луговъ, лѣсовъ. Строитель желѣзной дороги, выбирая направленіе для нея, измѣряетъ, на сколько точки намѣченной линіи превышаютъ одна другую, измѣряетъ длину и углы поворотовъ линіи и т. д. Въ военномъ дѣлѣ производятся измѣренія на землѣ съ цѣлью узнать расположеніе и размѣры холмовъ, долинъ, положеніе дорогъ, далѣе—чтобы узнать превышеніе одной точки надъ другой. Наконецъ, производятся измѣренія и съ чисто научной цѣлью, чтобы узнать форму и размѣры всей земли.

Когда измѣренія на мѣстности произведены, то обыкновенно измѣренную часть земной поверхности изображаютъ на бумагѣ въ уменьшенномъ видѣ.

Наука, излагающая способы измѣренія земной поверхности и изображенія ея на бумагѣ, называется Геодезіей или Землеѣріемъ.

Нужно различать два случая измѣренія и изображенія на бумагѣ земной поверхности: 1) измѣреніе небольшихъ пространствъ, при которомъ не касаются вопроса о шарообразности земли; 2) измѣреніе большихъ пространствъ, при которомъ принимается въ расчетъ эта шарообразность. Первымъ случаемъ занимается Низшая Геодезія, называемая также Топографіей, а вторымъ случаемъ—Высшая Геодезія. Наша задача—изученіе низшей геодезіи.

§ 2. Измѣреніе небольшихъ пространствъ земной поверхности.
Горизонтальное проложеніе линій. Земная поверхность на небольшомъ протяженіи можетъ быть разсматриваема, какъ горизонтальная плоскость, на которой имѣются неровности—возвышенія и впадины; поэтому при небольшихъ протяженіяхъ, именно для участковъ, имѣющихъ размѣры до 20 верстъ во всѣмъ направленіямъ при точныхъ работахъ и для имѣющихъ размѣры до 100 верстъ—при работахъ менѣе точныхъ—можно не принимать въ расчетъ шарообразность земли. (При проведеніи линіи желѣзной дороги и при измѣреніи прилежащей полосы мѣстности, имѣющей видъ узкой длинной линіи, нѣтъ надобности касаться вопроса о шарообразности земли при маломъ углево длинѣ линіи). Посмотримъ, какъ производятся въ указанныхъ случаяхъ измѣренія.

Положимъ, желаютъ имѣть на бумагѣ изображеніе какой либо мѣстности, какъ то: расположеніе границъ участка, дорогъ, рѣкъ и т. д. Измѣренія, которыя придется сдѣлать для этого на мѣстности, называются съемкой мѣстности, а вычерченное изображеніе называется ея планомъ.

Разсмотримъ сперва, какъ при съемкѣ мѣстности для составленія плана измѣряются линіи.

1. Прямая линія на мѣстности и притомъ горизонтальная измѣряется при съемкѣ простымъ откладываніемъ по ней одного изъ описанныхъ ниже мѣрительныхъ снарядовъ: цѣпи, ленты и т. д.



Чер. 1.

2. Положимъ теперь, что имѣемъ линію АВ (чер. 1) наклонную къ горизонту. Вообразимъ ниже линіи АВ горизонтальную плоскость М; изъ концовъ линіи А и В опустимъ мысленно перпендикуляры на эту плоскость; пусть а и в подошвы этихъ перпендикуляровъ. Въ этомъ случаѣ при съемкѣ измѣряютъ не наклонную линію АВ, а горизонтальную ab; ab называется горизонтальнымъ проложеніемъ (проекціей) линіи АВ, или иначе проложеніемъ линіи АВ на горизонтальную плоскость.

Точки а и в называются проложеніями точекъ А и В, перпендикуляры Аа и Вb называются пролагающими. Замѣтимъ, что линіи Аа и Вb вертикальны; поэтому и плоскость АВba, которую можно вообразить черезъ эти линіи, вертикальна; она называется для линіи АВ пролагающей плоскостью. При пересѣченіи пролагающей плоскости съ горизонтальной плоскостью М получается линія, часть которой и составляетъ ab; поэтому если намъ не нужно знать величину горизонтальнаго проложенія линіи АВ, а только направленіе этого проложенія на плоскости М, то это направленіе мы можемъ получить, вообразивъ черезъ АВ вертикальную плоскость до встрѣчи съ плоскостью М.

Если изъ какой либо 3-ей точки D, взятой на линіи АВ, опустимъ перпендикуляръ на плоскость М, то перпендикуляръ этотъ будетъ лежать въ той же вертикальной плоскости АВba, а потому горизонтальное проложеніе точки D будетъ находиться на линіи ab между точками а и в; такимъ образомъ проложенія всѣхъ точекъ, взятыхъ на линіи АВ, будутъ находиться на линіи ab.



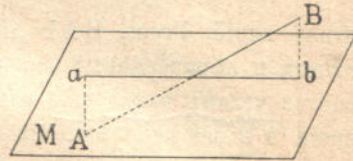
Чер. 2.

(чер. 2), то для полученія горизонтальнаго проложенія линіи АВ доста-

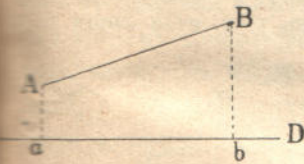
точно опустить перпендикуляръ только изъ точки В на плоскость М и пошеву его b соединить съ точкой А.

Понятно, что величина и направлѣніе горизонтальнаго проложѣнія линіи останутся тѣ же, если горизонтальную плоскость, на которую прола- гаемъ линію, вообразить нѣсколько выше или ниже взятаго ея положенія. Можно горизонтальную плоскость вообразить и выше самой линіи АВ или даже пересѣкающей ее, какъ на чер. 3.

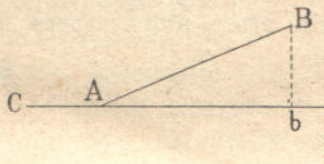
Горизонтальное проложѣніе линіи АВ можно на чертежѣ показать иначе, вообра- зивъ вертикальную пролагающую плоскость совмѣщенной съ плоскостью бумаги, а го- ризонтальную плоскость—перпендикулярной къ бумагѣ; тогда вмѣсто чертежей 1-го, 2-го и 3-го получимъ чертежи 4, 5 и 6-й. Здѣсь



Чер. 3.



Чер. 4.



Чер. 5.

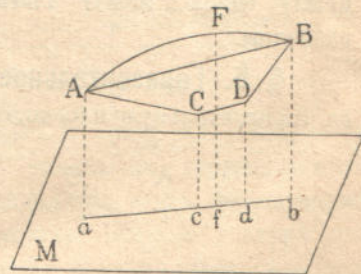


Чер. 6.

линія DC есть пересѣченіе горизонтальной плоскости съ плоскостью бумаги; эта линія горизонтальна; она чертится параллельно нижнему краю листа бумаги.

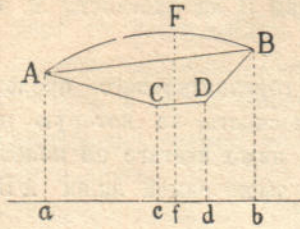
§ 3. Горизонтальное проложѣніе ломанной или кривой линіи, всѣ точки которыхъ лежатъ въ одной вертикальной плоскости. Разсмотримъ теперь горизонтальное проложѣніе ломанной линіи ACDB и кривой AFB (чер. 7), всѣ точки которыхъ лежатъ въ одной вертикальной плоскости, проходящей черезъ точки А и В.

Проложеніе этихъ линій получится, если изъ всѣхъ ихъ точекъ опустимъ перпенди- куляры на плоскость М; но такъ какъ взя- тая ломанная и кривая лежатъ въ верти- кальной пролагающей плоскости, проходя- щей черезъ А и В, то проложѣнія всѣхъ точекъ этихъ линій получатся на линіи ab , т. е. на горизонтальномъ проложѣніи прямой АВ. Такимъ образомъ мы видимъ,



Чер. 7.

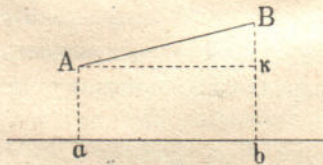
что различныя линіи, проведенныя между двумя точками мѣстности и распо- ложенныя въ одной вертикальной плоскости, имѣютъ одно и то же горизонталь- ное проложѣніе. Вмѣсто чертежа 7 можно подобно предыдущему брать чер. 8, на которомъ вертикальная плоскость совпадаетъ съ плоскостью бумаги.



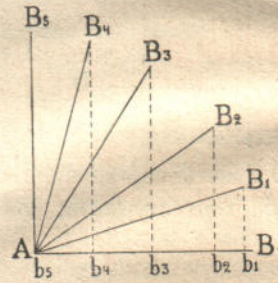
Чер. 8.

этихъ линий. Уголъ BAb (чер. 5), расположенный въ вертикальной плоскости и образованный наклонной линіей AB и ея проложениемъ, называется угломъ наклоненія или угломъ наклона линіи AB къ горизонту. Если линія AB не пересѣкается съ своей проэекціей ab (чер. 9), то угломъ наклоненія линіи AB къ горизонту будетъ служить уголъ BAk , причемъ Ak параллельно ab .

Легко видѣть, что чѣмъ уголъ наклоненія больше, тѣмъ проложеніе линіи короче (чер. 10). Если уголъ этотъ равенъ нулю, т. е. если линія гор-



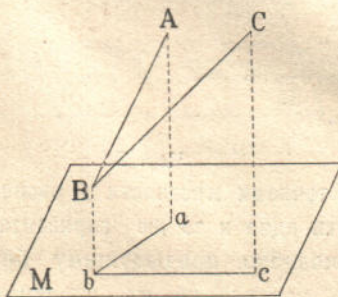
Чер. 9.



Чер. 10.

зонтальна, то проложеніе ея равно самой линіи; если же уголъ наклоненія равенъ 90° , т. е. линія вертикальна, то проложеніе линіи обращается въ точку. На чер. 10 линіи $AB, AB_1, AB_2, AB_3, \dots$ по длинѣ равны между собою, между тѣмъ проложенія ихъ $AB, Ab_1, Ab_2, Ab_3, \dots$ различны.

§ 5. Горизонтальное проложеніе угла. Перейдемъ къ проложенію на горизонтальную плоскость угла между двумя прямыми линіями на мѣстности.



Чер. 11.

§ 4. Длина горизонтального проложенія линій. Замѣтимъ, что горизонтальное проложеніе прямой AB (чер. 1—8) короче самой линіи AB , что видно изъ треугольника ABb (чер. 5), въ которомъ AB служитъ гипотенузой, а Ab катетомъ. Проложенія ломанной $ACDB$ или кривой AFB (чер. 8) и подавно короче самыхъ

этихъ линій. Уголъ BAb (чер. 5), расположенный въ вертикальной плоскости и образованный наклонной линіей AB и ея проложениемъ, называется угломъ наклоненія или угломъ наклона линіи AB къ горизонту. Если линія AB не пересѣкается съ своей проэекціей ab (чер. 9), то угломъ наклоненія линіи AB къ горизонту будетъ служить уголъ BAk , причемъ Ak параллельно ab .

Легко видѣть, что чѣмъ уголъ наклоненія больше, тѣмъ проложеніе линіи короче (чер. 10). Если уголъ этотъ равенъ нулю, т. е. если линія гор-

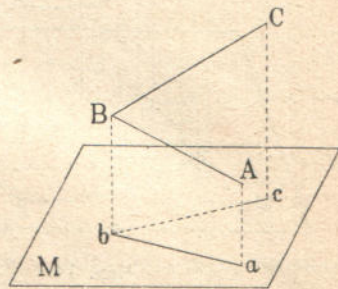
зонтальна, то проложеніе ея равно самой линіи; если же уголъ наклоненія равенъ 90° , т. е. линія вертикальна, то проложеніе линіи обращается въ точку. На чер. 10 линіи $AB, AB_1, AB_2, AB_3, \dots$ по длинѣ равны между собою, между тѣмъ проложенія ихъ $AB, Ab_1, Ab_2, Ab_3, \dots$ различны.

§ 5. Горизонтальное проложеніе угла. Перейдемъ къ проложенію на горизонтальную плоскость угла между двумя прямыми линіями на мѣстности.

Пусть ABC (чер. 11) уголъ мѣстности, не лежащій въ горизонтальной плоскости. Для полученія его горизонтальнаго проложенія воображаютъ вертикальныя плоскости, пролагающія стороны этого угла на горизонтальную плоскость M ; если ba и bc суть проложенія сторонъ BA и BC , то уголъ abc называется проложениемъ угла ABC . При съемкѣ мѣстности измѣряютъ углы между линіями мѣстности, а горизонтальныя проложенія этихъ угловъ.

Сравнимъ величину угла на мѣстности съ величиной его горизонтальнаго проложения.

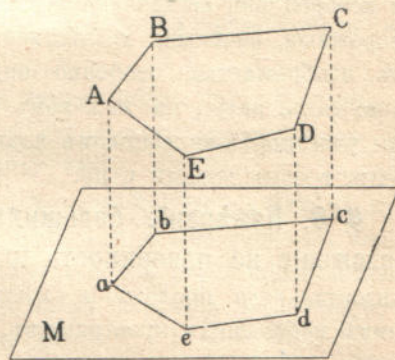
1) Если пролагаемый уголъ лежитъ въ горизонтальной плоскости, то его проложение равно самому углу*). 2) Если уголъ АВС расположенъ примѣрно такъ, какъ показано на чер. 11, т. е. стороны его наклонены обѣ вверхъ почти одинаково къ горизонту, то проложение abc больше угла АВС. 3) Если уголъ АВС расположенъ примѣрно такъ, какъ показано на чер. 12, т. е. одна его сторона ВС направлена вверхъ отъ горизонта, другая же ВА книзу, то проложение abc меньше угла АВС. Такимъ образомъ горизонтальное проложение угла можетъ быть больше или меньше или равно самому углу: это зависитъ отъ расположенія его сторонъ.



Чер. 12.

§ 6. Горизонтальное проложение многоугольника и криволинейной фигуры.

Разсмотримъ горизонтальное проложение цѣлыхъ контуровъ мѣстности, т. е. замкнутыхъ линий, ограничивающихъ части земной поверхности. Положимъ, данъ на мѣстности многоугольникъ АВСДЕ (чер. 13). При съемкѣ мѣстности для составленія плана опредѣляютъ размѣры не этого многоугольника, а размѣры его горизонтальнаго проложения, которое получится, если изъ точекъ А, В, С . . . опустить перпендикуляры на горизонтальную плоскость М и подшвы ихъ a, b, c, \dots соединить прямыми линиями; фигура $abcde$ есть проложение фигуры АВСДЕ. Въ этихъ фигурахъ стороны ab, bc, \dots суть проложения сторонъ АВ, ВС . . . и углы abc, bcd, \dots суть проложения угловъ АВС, ВСД, . . .



Чер. 13.

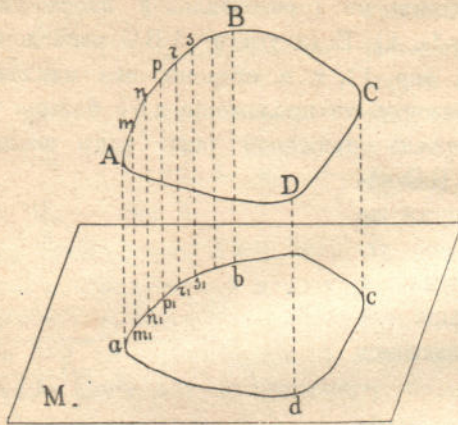
Проложение криволинейнаго контура АВСД (чер. 14) получится, если опустить перпендикуляры изъ всѣхъ его точекъ на горизонтальную плоскость. На практикѣ неудобно находить проложения всѣхъ точекъ криволинейнаго контура, да и нѣтъ надобности; достаточно взять на контурѣ точки m, n, p, \dots настолько близкія, чтобы части кривой линии Am, mn, np, \dots можно было принять за прямая, и найти проложение многоугольника $Amnpq, \dots$

§ 7. Горизонтальное проложение цѣлой мѣстности и планъ ея.

Горизонтальное проложение цѣлой мѣстности получится, если точки этой

* Это не единственный случай, когда проложение угла равно самому углу.

мѣстности проложимъ на горизонтальную плоскость, опустивъ изъ нихъ перпендикуляры на эту плоскость, и затѣмъ соединимъ соответственными линиями подошвы этихъ перпендикуляровъ.



Чер. 14.

Планъ мѣстности есть ни что иное, какъ уменьшенное изображение горизонтальнаго проложенія мѣстности, и такъ какъ это проложеніе получается на плоскости и на плоской бумагѣ на планѣ получимъ полное подобіе горизонтальнаго проложенія мѣстности; но планъ не будетъ представлять полнаго подобія сама мѣстности, такъ какъ на мѣстности есть возвышенія и пониженія, которыхъ на планѣ не имѣется.

Съемка, производимая для составленія плана, можетъ быть названа горизонтальною или съемкой въ горизонтальной плоскости.

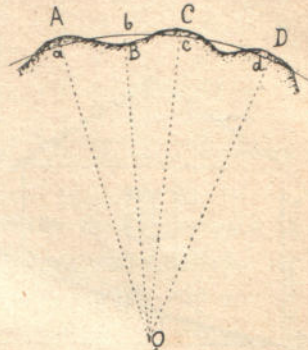
Вычерчиваемые планы имѣютъ различныя названія, смотря по цѣли для которой они составляются, а именно: бываютъ планы межевые, желѣзнодорожные, военные, хозяйственные и проч. На каждомъ изъ этихъ плановъ изображается особенно подробно то, что важно именно для этого плана; такъ, напр., на межевомъ планѣ особенно точно обозначаются границы участковъ; на военномъ планѣ изображаются подробно дороги, рѣки, овраги, возвышенности и пр.

§ 8. Измѣреніе большихъ пространствъ земной поверхности

Проложеніе на поверхность шара. Изложенный выше способъ полученія горизонтальнаго проложенія мѣстности употребляется, какъ сказано, при съемкѣ небольшихъ пространствъ. Въ случаѣ же большихъ протяженій этотъ способъ будетъ давать неточные результаты, такъ какъ вертикальныя линіи, служащія для проложенія отдаленныхъ другъ отъ друга точекъ мѣстности, не будутъ параллельны между собою, какъ сходящіяся въ центрѣ земнаго шара; для малыхъ же разстояній эти вертикали могли бытъ приняты за параллельныя между собою.

При съемкѣ большихъ пространствъ поступаютъ иначе. Земля, какъ извѣстно, есть шаръ радіуса приблизительно 6000 верстъ. Горы и долины имѣющіяся на земной поверхности, очень малы сравнительно съ размѣрами всей земли. Большія пространства при съемкѣ пролагаютъ не на плоскости, а на шаровую поверхность, составляющую какъ бы продолженную мысленно поверхность воды въ океанѣ; для полученія этого проложенія воображаютъ черезъ точки земной поверхности вертикальныя линіи до встрѣчи съ названной шаровою поверхностью; эти вертикальныя линіи будутъ сходить

въ центрѣ земного шара и будутъ перпендикулярны къ упомянутой шаровой поверхности. Такъ если А, В, С, D . . . (чер. 15)—точки земной поверхности, то проведя черезъ нихъ линіи ОА, ОВ, ОС . . . къ центру О земного шара, получимъ въ пересѣченіи этихъ линій съ шаровой поверхностью М точки a, b, c, d, . . . , служащія проложеніями точекъ А, В, С, D, . . . Такимъ же образомъ можемъ получить на шаровой поверхности М проложеніе цѣлой мѣстности. Изображеніе этого проложенія на бумагѣ называется картой.



Черт. 15.

Такъ какъ проложеніе получено на шаровой поверхности, то на плоской бумагѣ мы не можемъ получить полного подобія этого проложенія, а потому карта представляетъ лишь условное, до нѣкоторой степени искаженное, изображеніе проложенія мѣстности на шаровую поверхность. Если же мы пожелаемъ бы получить полное подобіе этого проложенія, то пришлось бы изображеніе дѣлать на маломъ шарѣ; такимъ именно образомъ и получается глобусъ.

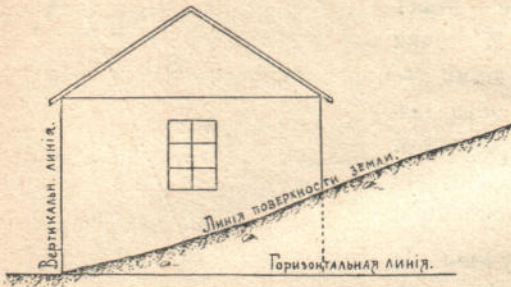
При съемкѣ небольшихъ пространствъ мы потому пролагаемъ на плоскость, а не на шаръ, что небольшая часть шаровой поверхности можетъ быть принята за плоскость.

Различіе между картой и планомъ, такимъ образомъ, слѣдующее: планъ есть изображеніе на бумагѣ проложенія небольшихъ пространствъ земной поверхности на горизонтальную плоскость; карта же есть изображеніе на бумагѣ проложенія большихъ пространствъ земной поверхности на шаровую поверхность. Виѣшнимъ признакомъ, по которому можно отличить карту отъ плана, служитъ географическая сѣтъ меридіановъ и параллелей, имѣющаяся на картѣ, и которой на планѣ нѣтъ; на планѣ чертится обыкновенно лишь одна линія меридіанъ для указанія странъ свѣта.

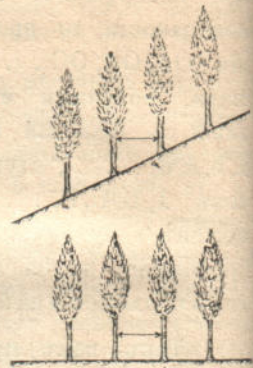
§ 9. Значеніе горизонтальнаго проложенія мѣстности въ практикѣ.

Вернемся къ проложенію мѣстности на горизонтальную плоскость, къ горизонтальной съемкѣ небольшихъ пространствъ. При такой съемкѣ, какъ сказано было выше, необходимо производить всѣ измѣренія въ горизонтальномъ только направленіи,—повышеніе же и пониженіе мѣстности не опредѣляются, вслѣдствіе чего мѣстность будетъ измѣрена не вполне; но во многихъ случаяхъ практики требуется имѣть только горизонтальное проложеніе мѣстности. Такъ напр. при продажѣ участковъ земли, расположенныхъ на возгорѣ, оцѣниваютъ не величину участковъ по косоуглу, а величину ихъ горизонтальныхъ проложеній; это дѣлается на томъ основаніи, что напр. домъ, построенный на такомъ участкѣ, будетъ имѣть разныя размеры, каковы размеры горизонтальнаго проложенія участка (чер. 16); точно также на наклонной мѣстности не можетъ при данной густотѣ лѣса

расти больше деревьевъ, чѣмъ на ея горизонтальномъ проложеніи (чер. 17).



Черт. 16.



Черт. 17.

§ 10. Нивелированіе. Профиль. Во многихъ другихъ случаяхъ практики знаніе одного горизонтальнаго проложенія мѣстности является недостаточнымъ. Весьма часто требуется знать точное превышеніе однихъ точекъ мѣстности надъ другими, какъ напр. при проведеніи желѣзныхъ дорогъ. Для нахождения этихъ превышеній точекъ производятъ особыя измѣренія, наз. нивелированіемъ.

Нивелированіе всегда связано съ опредѣленіемъ горизонтальнаго проложенія: напр., чтобы вполне опредѣлить расположеніе точки В (чер. 18)



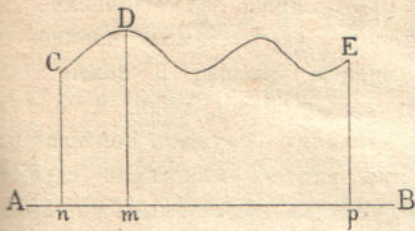
Черт. 18.

относительно точки А мѣстности, необходимо измѣрить горизонтальное проложеніе Ab линіи AB и найти нивелированіемъ длину перпендикуляра Bb , или $Ак$, который дастъ искомое превышеніе. Нивелированіе можно назвать съемкою въ вертикальной плоскости.

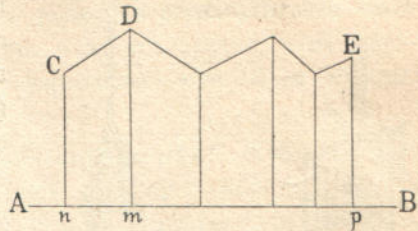
Если пересѣчемъ мѣстность вертикальной плоскостью, то въ сѣченіи ея съ поверхностью земли получимъ нѣкоторую, вообще говоря, кривую линію, которая называется профилемъ мѣстности въ данномъ направленіи.

Профиль этотъ можно изобразить на бумагѣ въ уменьшенномъ видѣ, предполагая, что вертикальная сѣкущая плоскость совмѣщена съ бумагой. Линія CDE (чер. 19) есть профиль мѣстности. Здѣсь проведена еще линія AB горизонтальная, отъ которой считаются высоты точекъ профиля; такъ mD есть высота точки D , nC и pE —высоты точекъ C и E . При опредѣленіи профиля нивелированіемъ измѣряютъ высоты не всѣхъ, а лишь главнѣйшихъ точекъ—надъ нѣкоторой поверхностью (обыкновенно—надъ уровнемъ моря). Поэтому профиль получить видъ не кривой, а ломанной линіи (чер. 20).

Высоты nC , mD и т. д. называются отмѣтками точекъ мѣстности.



Чер. 19.



Чер. 20.

При горизонтальной съемкѣ мѣстности нерѣдко производится и частичная вертикальная съ цѣлью показать на горизонтальномъ планѣ особыми условными знаками или надписями расположеніе косогоровъ или превышеніе однихъ точекъ мѣстности надъ другими.

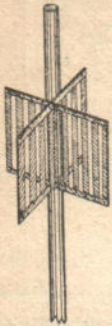
Глава I. Въшеніе линій.

§ 11. **Обозначеніе точекъ на мѣстности.** Съемка мѣстности состоитъ въ опредѣленіи расположенія отдѣльныхъ точекъ мѣстности и линій, проходящихъ черезъ эти точки. Снимаемая точка обозначается на мѣстности особыми знаками—сигналами; нѣкоторые сигналы могли существовать раньше съемки и независимо отъ нея, какъ напр. крестъ колокольни, труба или уголь дома, уголь забора и т. д.; такіе сигналы называются естественными въ отличіе отъ сигналовъ искусственныхъ, устанавливаемыхъ единственно для надобностей съемки.

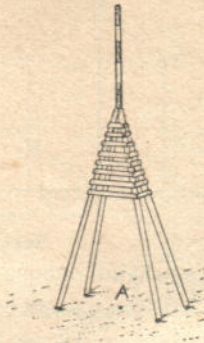
Къ искусственнымъ сигналамъ и притомъ—переноснымъ принадлежать вѣхи (чер. 21), т. е. деревянные прямыя палки длиною въ 1 саж. съ железными—обыкновенно—наконечниками для удобства втыканія въ землю: толщина вѣхи 1—1½ дюйма. Иногда вѣхи окрашиваются попеременно черезъ 0,1 саж. или черезъ 0,2 саж. въ красный и бѣлый цвѣтъ, чтобы были виднѣе; на верху вѣхи для той же цѣли укрѣпляютъ флагъ, состоящій обыкновенно изъ двухъ шитыхъ кусковъ бѣлой и красной матеріи, или же изъ одной бѣлой. На точкахъ, далеко отстоящихъ одна отъ другой, особенно въ мѣстности неровной или покрытой кустарникомъ, устанавливаются при съемкѣ вѣхи и большей длины—въ видѣ жердей, достигающія до 3-хъ и 4-хъ саж. На вершинѣ такой жерди укрѣпляютъ флагъ, пучекъ соломы или хвороста; если же такая вѣха должна стоять продолжительное время, то наверху дѣлается для отличія особый знакъ, напр. въ видѣ креста изъ дощечекъ (чер. 22), а особый сигналъ дѣлается въ видѣ пирамиды (чер. 23); въ этомъ случаѣ соответствующая точка А мѣстности находится подъ означеннымъ сигналомъ. Кромѣ описанныхъ сигналовъ, служащихъ во время са-
мой съемки и для надобностей ея, нужно указать еще на постоянные знаки, которыми отмѣчаются при съемкѣ нѣкоторыя важнѣйшія точки мѣстности, напр. края границъ владѣній; таковыми знаками служатъ: деревянные



Чер. 21.



Чер. 22.



Чер. 23.

невысокіе (1—2 арш. надъ поверхностью земли) столбы, укрѣпляемые прочно въ землѣ, каменные столбы, а также ямы (межевыя); для этой же цѣли, т. е. для сохраненія границъ—служать помѣщаемые на днѣ ямъ или на нѣкоторой глубинѣ подъ столбами такъ называемые нетлѣнные знаки, напр. камни, битое стекло или уголь. Для обозначенія границъ земли, принадлежащей желѣзной дорогѣ, т. е. границъ такъ наз. полосы отчужденія, служатъ обыкновенно деревянные или каменные столбики около аршина высотой.

§ 12. Вѣшеніе линій. Иногда при съемкѣ мѣстности приходится измѣрять прямыя длинныя линіи. Замѣтимъ, что „прямыми“ линіями на мѣстности будемъ называть всѣ такія линіи, горизонтальныя проложенія которыхъ прямыя; таковы линіи, всѣ точки которыхъ лежать въ одной вертикальной плоскости. Для удобства измѣренія прямыхъ длинныхъ линій, на нихъ намѣчаютъ рядъ точекъ съ помощью вѣхъ, или, какъ говорятъ, провѣшиваютъ линіи, причѣмъ вѣхи (оси вѣхъ) устанавливають въ вертикальной плоскости, проходящей черезъ двѣ данныя точки линіи и называемой створомъ этихъ точекъ.

При вѣшеніи линій соблюдаютъ слѣдующія правила:

1. Вѣхи устанавливають вертикально на глазъ; при болѣе точныхъ работахъ, въ исключительныхъ случаяхъ устанавливають ихъ по отвѣсу, держа шнуръ отвѣса между глазомъ и вѣхой, или же по уровню.

Замѣтимъ, что вертикальная установка вѣхъ въ точкахъ поворота линіи мѣстности—на углахъ должна быть особенно внимательно провѣряема, для чего отступаютъ съ отвѣсомъ отъ вѣхи по двумъ взаимно перпендикулярнымъ направленіямъ. При установкѣ же вѣхъ промежуточныхъ между угловыми нужно главнымъ образомъ заботиться, чтобы вѣхи не имѣли бокового наклона—въ сторону отъ провѣшиваемой линіи.

2. Всѣ вѣхи, дальше стояція, должны покрываться вѣхами ближайшими, если смотрѣть вдоль линіи; при этомъ если поставимъ глазъ въ точкѣ а (чер. 24) по линіи а b, касательной къ краямъ двухъ вѣхъ, то края всѣхъ вѣхъ должны казаться совпадающими; для болѣе тщательной



Чер. 24.

установки вѣхъ помѣщаемъ глазъ то съ одной, то съ другой стороны вѣхъ.

Нужно замѣтить, что вѣхи при этой работѣ должны быть одинаковой толщины.

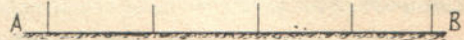
При вѣшеніи длинныхъ линій пользуются биноклемъ (для усиленія зрѣнія) или зрительной трубой инструмента (употребленіе при вѣшеніи линій инструмента съ зрительной трубой описано въ дальнѣйшемъ).

3. Что касается разстоянія между вѣхами, то оно зависить отъ характера мѣстности; на мѣстности открытой, ровной и горизонтальной вѣхи ставятся въ разстояніи отъ 50 до 100 сажень одна отъ другой, а на мѣстности неровной, затѣмъ покрытой напр. кустарникомъ—отъ 10 до 50 саж. одна отъ другой.

4. Вообще нужно озаботиться выставить столько вѣхъ, чтобы при послѣдующемъ затѣмъ измѣреніи длинныхъ линій мы шли впередъ „на двѣ вѣхи“, т. е. видѣли впереди себя не одну точку, на которую слѣдуетъ идти, а по крайней мѣрѣ двѣ—во избѣжаніе уклоненія въ сторону.

§ 13. Случаи вѣшенія линій.

1. Провѣшить линію между двумя данными точками А и В (чер. 25) причеъ изъ точки А видна точка В. Въ точкахъ А и В ставятъ вѣхи; при вѣшеніи нужны два человѣка: одинъ, съемщикъ, смотреть со стороны точки А, отступивъ отъ точки А шаговъ на пять, а другой, рабочій, устанавливаетъ вѣхи по линіи, перемѣщая ихъ вправо или влево по указаніямъ съемщика, который даетъ знаки рукой или флагомъ; при этомъ вѣхи ставятся, начиная отъ точки В по направленію къ точкѣ А (вѣшеніе на себя); дѣлается это съ цѣлью, чтобы вѣхи, установленныя уже, не закрывали отъ глазъ съемщика пространства, на которомъ будутъ ставиться слѣдующія вѣхи.

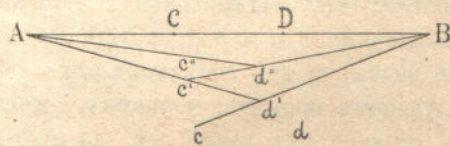


Фиг. 25.

2. Продолжить линію, намѣченную на мѣстности двумя точками. Здѣсь можетъ работать одинъ человѣкъ: взявъ съ собой вѣхи, онъ идетъ впередъ по требуемому направленію и устанавливаетъ вѣхи по линіи, оглядываясь назадъ и провѣряя устанавливаемыя вѣхи по вѣхамъ, стоящимъ въ данныхъ точкахъ, и затѣмъ по выставленнымъ имъ же; при этой провѣркѣ онъ отходить отъ установленной вѣхи на нѣсколько шаговъ впередъ. Замѣтимъ здѣсь, что если разстояніе между двумя точками, данными первоначально, малое сравнительно съ длиной провѣшиваемой линіи, то для болѣе точнаго провѣшиванія нужно особенно заботиться о вертикальной установкѣ вѣхъ въ начальныхъ точкахъ,—лучше ихъ установить по отвѣсу.

3. Провѣшить линію между двумя данными точками, расположенными по обѣ стороны возвышенности. мѣшающей видѣть изъ одной данной точки другую (провѣшить линію черезъ гору), а также и въ случаѣ, если данныя точки, между которыми провѣшивается линія, недоступны. Здѣсь нужны по крайней мѣрѣ два человѣка.

а) Пусть А и В (чер. 26—~~видна~~ сверху)—данныя точки, причеъ изъ А не видно В. Тогда два ~~человѣка~~, если ихъ окажется до-
статочно, становятся съ вѣхами

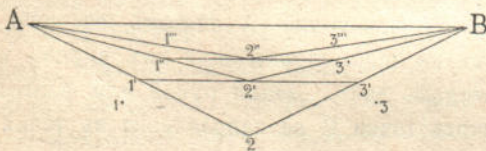


Чер. 26.

на возвышенности въ точкахъ с и d примѣрно на линію АВ и притомъ такъ, чтобы изъ с были видны точки d и В, а изъ d были бы видны точки с и А. Если это достигнуто, то затѣмъ стоящій въ точкѣ с переводитъ стоящаго въ d на линію сВ въ точку d'; перешедшій въ точку d' перемѣщаетъ стоящаго въ точкѣ с на линію d'A въ точку с'; затѣмъ перешедшій въ с' переводитъ второго на линію с'В въ точку d'' и т. д. Такимъ образомъ оба человѣка постепенно перейдутъ на линію АВ въ точки С и D; тогда линія АСD будетъ прямая и въ то же время СDВ—прямая, а потому всѣ четыре точки будутъ на одной прямой.

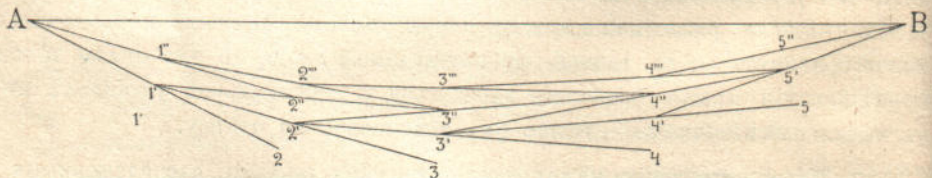
Если бы оказалось, что стоящій въ с не можетъ видѣть одновременно точекъ d и В, либо стоящій въ d не можетъ видѣть точекъ с и А, то устанавливаютъ между точками А и В больше вѣхъ, которыя постепенно передвигаютъ.

б) Положимъ напр., что между точками А и В (чер. 27) понад бились 3 вѣхи въ точкахъ 1, 2 и 3. Съемщикъ становится на вершинѣ горы въ средней точкѣ у вѣхи 2, а въ 1 и 3 точкахъ ставитъ рабочихъ и прежде всего устанавливаетъ 1-го въ точку 1' на линію 2—А, а 3-го въ точку 3' на линію 2—В. Затѣмъ одинъ изъ рабочихъ, напр. стоящій въ точкѣ 1' передвигаетъ съемщика въ точку 2' на линію 1'—3'. Потомъ въ свою очередь съемщикъ, стоя въ точкѣ 2', передвигаетъ рабочихъ—одного въ точку 1'' на линію 2'—А, а другого въ точку 3'' на линію 2'—В; вслѣдъ затѣмъ рабочіе устанавливаютъ съемщика на линію 1''—3'' въ точку 2'' и т. д.—пока всѣ вѣхи не будутъ стоять на одной линіи.



Черт. 27.

в) Положимъ теперь, что между точками А и В (чер. 28) пришлось поставить 5 вѣхъ въ точкахъ 1, 2, 3, 4 и 5. Вѣхи ставятъ сперва приблизительно по линіи АВ, причемъ соблюдаютъ слѣдующее правило: изъ точки 1 должны быть видны точки 2 и 3; изъ 2-й должны быть видны точки 1 и А, а также 3 и 4 и т. д. Однимъ словомъ—изъ каждой точки должны быть видны по двѣ сосѣднихъ вѣхи справа и слѣва. Вѣхи перемѣщаютъ въ слѣдующемъ порядкѣ: человѣкъ, стоящій въ точкѣ 2-й, перемѣщаетъ 1-го, т. е. стоящаго въ точкѣ 1-й, на линію 2—А въ точку 1'; затѣмъ перешедшій въ 1' переводитъ стоящаго въ точкѣ 2 на линію 1'—3 въ точку 2'; пе-

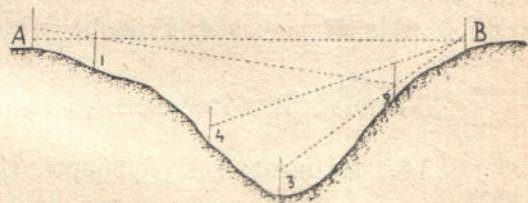


Черт. 28.

поставить 5 вѣхъ въ точкахъ 1, 2, 3, 4 и 5. Вѣхи ставятъ сперва приблизительно по линіи АВ, причемъ соблюдаютъ слѣдующее правило: изъ точки 1 должны быть видны точки 2 и 3; изъ 2-й должны быть видны точки 1 и А, а также 3 и 4 и т. д. Однимъ словомъ—изъ каждой точки должны быть видны по двѣ сосѣднихъ вѣхи справа и слѣва. Вѣхи перемѣщаютъ въ слѣдующемъ порядкѣ: человѣкъ, стоящій въ точкѣ 2-й, перемѣщаетъ 1-го, т. е. стоящаго въ точкѣ 1-й, на линію 2—А въ точку 1'; затѣмъ перешедшій въ 1' переводитъ стоящаго въ точкѣ 2 на линію 1'—3 въ точку 2'; пе-

перешедшій въ точку 2' переводить 3-го на линію 2'—4 въ точку 3'; перешедшій въ 3' переводить 4-го на линію 3'—5 въ точку 4'; перешедшій въ точку 4' переводить 5-го на линію 4'—В въ точку 5'. Последняя установка заканчиваетъ одну очередь перемѣненія вѣхъ отъ точки 1-й до 5-й, она же служитъ началомъ для второй очереди въ обратномъ порядкѣ; именно—перешедшій въ точку 5' переводить стоящаго въ точкѣ 4' на линію 5'—3' въ точку 4''; перешедшій въ точку 4'' переводить стоящаго въ точкѣ 3' на линію 4''—2' въ точку 3'' и т. д., пока не дойдутъ до точки А; тогда начинается новая очередь въ обратномъ направленіи подобно предыдущему. Перемѣненія эти дѣлаются до тѣхъ поръ, пока одновременно каждыя три рядомъ стоящія вѣхи не будутъ давать прямой линіи, считая въ томъ числѣ точки А и В; тогда всѣ эти отрѣзки прямыхъ линій образуютъ одну прямую, такъ какъ каждыя два рядомъ расположенные отрѣзка будутъ имѣть по двѣ точки общія. Въ этой работѣ должно участвовать столько человѣкъ, сколько вѣхъ переставляется; но въ крайнемъ случаѣ можно ограничиться двумя людьми, которые будутъ постепенно переходить отъ одной вѣхи къ другой.

4. Провѣшить линію черезъ долину или оврагъ. Вѣшеніе линій на мѣстности неровной представляетъ нѣкоторыя особенности, хотя бы вся провѣшиваемая линія и была видна съ конца ея. Здѣсь нельзя вѣхи ставить въ такомъ правильномъ порядкѣ, какъ это указано въ 1 и 2 случаѣ вѣшенія линій. Разсмотримъ напр. вѣшеніе линіи черезъ оврагъ (или долину), когда даны двѣ точки А и В линіи (чер. 29) по обѣ стороны оврага, и требуется оставить промежуточные



Чер. 29.

вѣхи на склонахъ и по дну оврага. Тогда по вѣхамъ, стоящимъ въ точкахъ А и В, выставляемъ по возможности ниже вѣху 1; для этого смотримъ черезъ нижніе концы вѣхъ А и В и устанавливаемъ вѣху 1 такъ, чтобы верхній конецъ ея покрывался нижними концами вѣхъ А и В; подобнымъ же образомъ можно установить вѣху и возлѣ точки В на другомъ краю оврага), затѣмъ по вѣхамъ А и 1 устанавливаемъ вѣху на противоположномъ склонѣ въ точкѣ 2; при этомъ заботимся о томъ, чтобы по прямой мѣрѣ одинъ конецъ устанавливаемой вѣхи (низъ или верхъ) приходился въ створѣ вѣхъ А и 1; затѣмъ по вѣхамъ В и 2 выставляемъ вѣхи 3 и 4 и т. д.

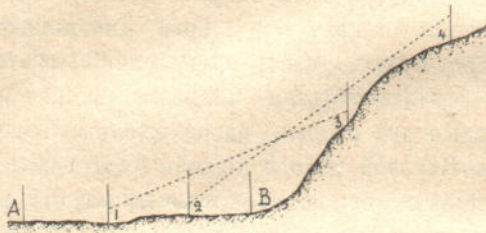
Если обѣ данныя точки лежатъ съ одной стороны оврага, то сперва по нимъ выставляемъ вѣху на другой сторонѣ оврага, а затѣмъ продолжаемъ по предыдущему.

Если оврагъ не широкій и глубокой съ обрывистыми берегами, по возможности ходитъ невозможно, то для точнаго провѣшиванія линіи можемъ на-

тянуть через овраг веревку съ прикрѣпленными къ ней на тонкихъ длинныхъ шворкахъ отвѣсами. Когда концы веревки будутъ приложены къ даннымъ по краямъ оврага точкамъ, то свѣшивающіеся внизъ отвѣсы покажутъ на днѣ оврага точки для постановки вѣхъ.

5. Продолжить линію по склону горы, если двѣ точки А и В (чер. 30) опредѣляющія направленіе линіи, находятся на равнинѣ у подошвы горы.

Если подъемъ горы крутой, то выставляемъ сперва на равнинѣ между точками А и В (чер. 30) одну или нѣсколько промежуточныхъ вѣхъ, напр.



Чер. 30.

въ точкахъ 1 и 2. По вѣхамъ 1 и 2 выставляемъ вѣху 3, смотря черезъ верхъ 2-й и низъ 1-й. Затѣмъ по вѣхамъ 2 и 3, либо по вѣхамъ В и 3 выставляемъ такимъ же образомъ вѣхи дальше.

При вѣшеніи линій черезъ оврагъ или по скатамъ горъ приходится, какъ мы видѣли, устанавливать новыя вѣхи, пользуясь верхними концами стоящихъ вѣхъ; поэтому здѣсь нужно особенно заботиться о вертикальной установкѣ вѣхъ,—чтобы верхъ вѣхи дѣйствительно приходился по вертикальной линіи надъ точкой, въ которой стоитъ вѣха.

Глава 2. Измѣреніе линій на мѣстности.

§ 14. Мѣрительные приборы. Одно изъ самыхъ употребительныхъ дѣйствій при съемкѣ мѣстности есть измѣреніе линій. Для непосредственнаго измѣренія линій служатъ особые мѣрительные приборы: землемѣрная цѣпь, стальная лента, рулетка, сажень, жезлы, проволока, шнуръ и полевой циркуль.

1. Землемѣрная цѣпь, употребляемая теперь рѣдко, дѣлается изъ желѣзной или стальной проволоки, толщиной около $\frac{3}{16}$ дюйма; длина цѣпи 10 саж.; она раздѣлена на отдѣльныя сажени, обозначаемыя особыми значками (чер. 31). Каждая сажень состоитъ изъ 10 колѣнъ, соединенныхъ между собою кольцами (чер. 32); разстояніе между центрами колецъ а и b равно

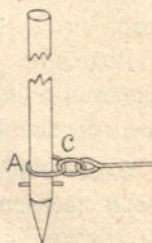


Черт. 31.



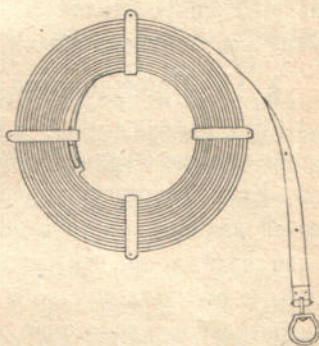
Черт. 32.

1 саж. На концах цѣпи имѣются кольца бѣльшаго діаметра, которыми цѣпь можетъ надѣваться при измѣреніи на особые цѣпные кольца или багры (чер. 33). Цѣпью удобно работать и безъ багровъ, нося концы цѣпи въ рукахъ. При пользованіи цѣпью нужно обратить вниманіе на то, гдѣ находятся концы крайнихъ саженой, т. е. концы цѣпи: иногда концы эти совпадаютъ съ центрами большихъ колець А, иногда съ центрами малыхъ колець С.



Черт. 33.

2. Мѣрительная лента дѣлается изъ тонкой стальной полосы, шириною около дюйма. Длина ленты 10 саж. бываетъ и 20 саж. и даже 50 саж.); она раздѣлена на отдѣльныя сажени, обозначенныя мѣдными планочками, съ выбитыми на нихъ цифрами отъ 1 до 9. Каждая сажень раздѣлена на десятые доли, обозначенныя небольшими пуговками. На концахъ ленты имѣются ручки, за которыя лента носится при работѣ. Здѣсь, какъ и въ цѣпи, нужно обратить вниманіе на положеніе точекъ или черточекъ, служащихъ концами крайнихъ саженой. Лента по окончаніи работъ свертывается въ особую рамку въ видѣ креста или на желѣзное кольцо съ выступами (чер. 34). Въ настоящее время вездѣ почти цѣпь выводится изъ употребленія и замѣняется стальной лентой.



Черт. 34.

Преимущество ленты передъ цѣпью въ томъ, что длина ленты менѣе подвержена случайнымъ измѣненіямъ, между тѣмъ какъ въ цѣпи, вслѣдствіе гнуща колѣнъ ея и смѣщенія колець во время работы, можетъ измѣняться. Кромѣ того кольца и звенья цѣпи могутъ образовать узлы (запутанности), и распутываніе ихъ требуетъ времени; если же допустить, что такой узелъ можетъ быть не замѣченъ во время работы, то результатъ измѣренія линіи окажется совершенно невѣрнымъ; кромѣ того цѣпь во время работы цѣпляется за траву и проч., такъ что тащить ее гораздо труднѣе, чѣмъ ленту. Неудобство же цѣпи состоитъ въ томъ, что она ржавѣетъ; для избѣжанія ржавчины ленту нужно вытирать досуха послѣ работы въ сырую погоду, а также по необходимости протирать керосиномъ. Во время работы лента требуетъ бѣльшей осторожности въ обращеніи съ ней, во избѣжаніе поломки. Для исправленія сломавшейся ленты служатъ особые клещи-пробойники.

3. Рублетка, т. е. узкая стальная лента или же льняная тесьма, накрученная на ось въ особомъ футлярѣ,—дѣлается длиною въ 10 или 5 саж. и раздѣляется на сажени и ихъ доли. Тесьма проткана для крѣпости тонкой

мѣдной проволокой. Рулетка употребляется во время съемки при измѣреніи короткихъ линий, особенно размѣровъ зданий.

4. Сажень деревянная или бруски длиною въ $1\frac{1}{2}$ или 2 с., раздѣленные на десятыя и сотыя доли сажени,—употребляются главнымъ образомъ при измѣреніи наклонныхъ къ горизонту линий, какъ объ этомъ будетъ сказано ниже.

Подобные же бруски точно вывѣренные, называемые жезлами, употребляются и на ровной мѣстности для тщательнаго измѣренія нѣкоторыхъ основныхъ линий, называемыхъ базисами при съемкѣ.

5. Для той же цѣли, т. е. для измѣренія базисовъ, употребляется длинная проволока, сматываемая съ барабана и натягиваемая опредѣленными грузами черезъ блоки.

6. Шнуръ дѣлается изъ тонкой и крѣпкой пеньковой бичевки, которую смазываютъ смолой или вывариваютъ въ маслѣ, чтобы она не укорачивалась отъ вліянія сырости. Длина шнура 50 или 100 саж., раздѣленныхъ на отдѣльныя сажени. Шнуръ наматывается на особую катушку. Онъ употребляется иногда при съемкѣ подробностей мѣстности, а также при хозяйственныхъ работахъ.

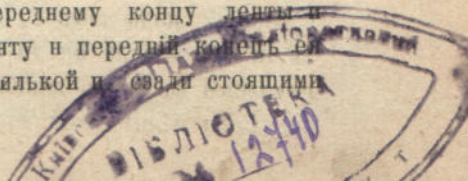
7. Полевой циркуль представляетъ изъ себя большой деревянный циркуль съ постояннымъ растворомъ въ 1 саж. между концами ножекъ. Циркуль этотъ переставляется по измѣряемой линіи. Онъ употребляется при домашнихъ хозяйственныхъ измѣреніяхъ, не требующихъ точности.

§ 15. Производство измѣреній. Измѣреніе линій производится слѣдующимъ образомъ. Линія, какъ сказано раньше, предварительно провѣшивается, или, по крайней мѣрѣ, на концахъ ея имѣются сигналы. Если мѣстность горизонтальна или имѣетъ мало замѣтный наклонъ къ горизонту (не больше 2° — 3°), то лента или цѣпь и пр. откладываются по направленію линіи по землѣ, и результатъ такого измѣренія принимается, какъ горизонтальное проложеніе этой линіи. При этомъ для обозначенія на землѣ концовъ ленты или цѣпи служатъ 10 или 11 желѣзныхъ колышковъ или шпильекъ, для ношенія которыхъ имѣются 2 стальныхъ кольца (чер. 35); удобные размѣры шпильекъ: длина—17 дм. толщина— $\frac{1}{4}$ дм. У съемщика имѣются 2 рабочихъ. При началѣ измѣренія одинъ рабочій—передній беретъ съ собой всѣ шпильки и конецъ ленты и натягиваетъ ее по линіи впередъ; задній рабочій устанавливаетъ другой конецъ ленты надъ начальной точкой линіи и въ то же время онъ наблюдаетъ, чтобы передній конецъ ленты приходился на линіи противъ стоящихъ впереди вѣхъ. При этомъ ленту слегка встряхиваютъ и натягиваютъ, чтобы она легла ровно. Когда лента выравнена и направлена точно по линіи, задній говоритъ „клади“, еще разъ провѣряетъ направленіе ленты и говоритъ „ставь“ передній рабочій ставитъ одну шпильку съ кольцомъ противъ своего конца



Чер. 35.

нты и говоритъ „готово“. Съемщикъ говоритъ „впередъ“ или „далее“ послѣ чего лента протягивается дальше, пока задній рабочій не дойдетъ до шпильки, поставленной переднимъ; тогда онъ останавливаетъ передняго, говоритъ „стой“ и, держа свой конецъ ленты нѣсколько впереди шпильки, чтобы не уронить или не сдвинуть ее при встряхиваніи ленты, опять направляетъ ленту и передній конецъ ея точно по линіи; затѣмъ подтягиваетъ свой конецъ къ стоящей шпилькѣ, прикладываетъ къ ней, провѣряетъ направление ленты и вновь говоритъ „клади“, „ставь“. Передній рабочій втыкаетъ тогда вторую шпильку и говоритъ „готово“; послѣ приказанія съемщика „впередъ“, задній вынимаетъ и беретъ съ собою первую шпильку и лента протягивается дальше по линіи, пока камѣсть задній не дойдетъ до второй шпильки и т. д.; передній будетъ все снимать шпильки съ кольца и ставить ихъ на линіи, задній собираетъ ихъ и надѣваетъ на свое кольцо. Когда будетъ отложено 10 лентъ, то передній при работѣ 10-ю шпильками воткнетъ послѣднюю шпильку вмѣстѣ съ кольцомъ; затѣмъ онъ пойдетъ впередъ, пока камѣсть задній не дойдетъ до оставленной послѣдней шпильки; тогда лента по прежнему натягивается и направляется по линіи. Задній, подойдя къ 10-й поставленной шпилькѣ и направивъ 11-ю ленту дальше по линіи, говоритъ съемщику: „сотня“ и вынимаетъ свою шпильку только тогда, когда убѣдится, что передній держитъ свой конецъ ленты на землѣ на линіи правильно и неподвижно. Сказавъ заднему: „готово—шпильки“,—передній держитъ свой конецъ ленты неподвижно, пока ему не подадутъ, чтобы всѣ десять шпилекъ. При передачѣ шпильки пересчитываютъ. Получивъ шпильки, передній сейчасъ же втыкаетъ одну изъ нихъ съ кольцомъ. Если же работаютъ съ 11 шпильками, то передній, поставивъ 11-ую шпильку съ кольцомъ поджидаетъ задняго, подносящаго 10 шпилекъ на кольцо; при этомъ нѣтъ надобности переднему рабочему прижимать конецъ 11-й ленты къ землѣ рукой или ногой—для избѣжанія потери точки, такъ какъ здѣсь уже стоитъ шпилька, что, конечно, надежнѣе; понятно, что эта шпилька втыкается уже на новую сотню. Когда подойдутъ къ концу измѣряемой линіи, то послѣдній разъ лента вообще не уложится вся и протягивается за конецъ линіи; тогда сосчитываютъ въ остаткѣ линіи число сажень и ихъ десятыхъ и также на глазъ и сотыхъ, если это требуется. Длина всей измѣренной линіи опредѣлится слѣдующимъ образомъ. Положимъ, шпильки были переданы во время работы переднему дважды; это соответствуетъ 200 сажнямъ; затѣмъ у задняго оказалось 7 шпилекъ при концѣ измѣренія, да кромѣ того остатокъ линіи далъ 4,8 саж. Тогда вся линія будетъ равна 274,8 саж. Задній рабочій, обыкновенно устанавливающий передняго на линію, долженъ быть опытенъ; онъ же ведетъ счетъ ленты. Бываютъ иногда случаи, когда приходится направлять ленту по линіи не по переднимъ вѣхамъ, а по заднимъ. Тогда болѣе опытный рабочій переводится къ переднему концу ленты и уже, безъ указанія задняго, направляетъ ленту и передній конецъ ея по продолженію прямой, обозначенной задней шпилькой и свади стоящими



Замѣтимъ, какія ошибки иногда вкрадываются при измѣреніи лини чего, значить, нужно остерегаться.

1. Колѣна и кольца цѣпи не должны быть запутаны. По окончаніи измѣренія линіи ленту или цѣпь слѣдуетъ протянуть впередъ, а не бросить въ беспорядкѣ.

2. Цѣпь и лента должны быть натягиваемы поточнѣе по линіи, а для этого линія должна быть хорошо провѣшена. Для установки концовъ цѣпи на линіи пользуются, между прочимъ, баграми, наблюдая, чтобы багры были вертикально и въ створѣ вѣхъ.

3. Цѣпь или лента должна быть натягиваема одинаково во все время работы и при томъ лишь на столько, чтобы образовала прямую линію.

4. Шпильки нужно ставить вертикально и поаккуратнѣе противъ концовъ цѣпи и на концахъ ленты.

5. Нужно внимательно отмѣчать или запоминать число передачъ въ шпилькѣхъ переднему во время работы, а также наблюдать, чтобы передъ послѣ передачи ему шпилькѣ не забылъ поставить шпильку на концѣ 10-й, 21-й и т. д. ленты, если работаютъ 10-ью шпильками.

6. При измѣреніи остатка линіи, меньше 10 саж., нужно наблюдать, чтобы при поспѣшной работѣ 4 саж. не принять за 6 и 3 саж. за 7 и наоборотъ, такъ какъ эти числа саженой отмѣчены на лентѣ въ одномъ томъ же мѣстѣ съ двухъ сторонъ,—считая отъ одного и другого конца.

7. Хотя направляетъ ленту одинъ рабочій, а другой является только какъ бы исполнителемъ распоряженій, но и онъ долженъ всегда наблюдать, не уклонилась ли лента отъ линіи согласно тѣхъ вѣхъ, которые ему видны.

8. Лента безъ приказанія каждый разъ съемщика впередъ двигать не должна.

9. Съемщикъ идетъ или сзади ленты вслѣдъ за нею или же рядомъ наравнѣ съ нею, но во всякомъ случаѣ не впереди ленты. Во время измѣренія линіи лентой съемщикъ время отъ времени становится точно надъ линіи сзади ленты или въ серединѣ ея и провѣряетъ направленіе ленты. При отсутствіи опытнаго рабочаго, могущаго самостоятельно направлять ленту по линіи, съемщикъ самъ направляетъ каждую ленту и самымъ тщательнымъ образомъ наблюдаетъ за правильностью и точностью измѣренія линій.

10. По возгласу задняго рабочаго „сотня“ съемщикъ обязанъ сейчасъ же остановиться у конца сотни и отмѣтить у себя записью этой сотни; не лезно забыть здѣсь, въ мѣстѣ стоянія 10-й шпильки, деревянный (такъ же и сотенный) колышекъ со сдѣланной на немъ карандашемъ надписью мѣры линіи отъ начала ея до этого колышка. Согенные колышки забиваютъ надписью взадъ по линіи. Забивка сотенныхъ колышковъ нужна, какъ для провѣрки мѣры линіи вообще, такъ и на случай, если бы, напримѣр,

передній рабочій утянулъ ленту впередъ, не поставивъ шпильки или, по забывчивости, вывувъ ее, вслѣдствіе чего мѣра линіи была бы нарушена. При наличіи на мѣстности сотенныхъ колышковъ въ подобныхъ случаяхъ нѣтъ надобности производить вторичное измѣреніе всей линіи,—можно вернуться лишь къ послѣднему поставленному сотенному колышку и отъ него вновь начать измѣреніе линіи.

При измѣреніи линіи проектируемой желѣзной дороги ставятся черезъ каждые 50 саж. кольца съ номерами; обозначаемыя ими точки называются пикетами.

11. Въ случаѣ обнаруженія въ срединѣ измѣряемой линіи бокового уклоненія ленты отъ истиннаго направленія линіи измѣреніе приостанавливается и производится исправленіе этого уклоненія. Исправленіе это производится совершенно такъ же, какъ и провѣшиваніе линіи двумя рабочими между точками, расположенными по обѣ стороны возвышенности (смотри § 13, пун. 3-а). Вся разница лишь въ томъ, что здѣсь послѣдовательно передвигаются не вѣхи, а шпильки съ соответствующими концами ленты. По исправленіи бокового уклоненія ленты и по точной установкѣ концовъ ея на измѣряемой линіи измѣреніе линіи продолжается обычнымъ порядкомъ.

§ 16. Повѣрка ленты и цѣпи. Прежде употребленія ленты или цѣпи для измѣренія необходимо ихъ предварительно тщательно провѣрить. При повѣркѣ цѣпи прежде всего выпрямляютъ согнутыя кольца ея. Затѣмъ чтобы узнать, дѣйствительно ли лента или цѣпь равна точно 10 саж., ее натягиваютъ на ровномъ мѣстѣ и повѣряютъ длину съ помощью двухъ деревянныхъ вѣрныхъ саженей (брусковъ) слѣдующимъ образомъ: одинъ брусокъ прикладываютъ концомъ къ концу ленты и направляютъ вдоль ленты; къ этому бруску приближаютъ до прикосновенія второй, положенный дальше вдоль ленты; затѣмъ, оставляя второй неподвижнымъ, первый переносятъ впередъ и т. д. Иногда для провѣрки лентъ и цѣпей употребляютъ нормальную, т. е. вывѣренную стальную ленту длиною въ 5 саж., которую не берутъ для работъ при съемкѣ, а сохраняютъ единственно для повѣрки другихъ мѣрительныхъ приборовъ.

Если цѣпь или лента при повѣркѣ окажется длиннѣе или короче 10 саж. на небольшую величину, то можно поправить длину, сдѣлавъ у конца новую черту на длинѣ ровно въ 10 саж. Можно, пожалуй, измѣрять линіи и невѣрной цѣпью или лентой, но въ результаты такихъ измѣреній должно ввести поправки. Напримѣръ, положимъ, что цѣпь длиннѣе 10 саж. на 0,04 саж., и пусть мы такой цѣпью измѣрили линію и получили 256 с.; мы при этомъ отложили 25,6 цѣпей. Такъ какъ каждая цѣпь длиннѣе 10-ти сажень, то откладывая 1 цѣпь, мы отмѣряли не 10 саж., а на 0,04 саж. больше, которыхъ мы не засчитывали, т. е. теряли, а потому въ дѣйствительности мы прошли не 256 саж., какъ показали шпильки, а на $(0,04 \times 25,6)$ болѣе, т. е. приблизительно на 1 саж. больше, а потому длина линіи будетъ 257 саж. Если же цѣпь была короче 10-ти саж. на 0,04 с.,

то считая при откладывании каждую цѣпь за полные 10 саж., мы насчитывали лишнее, именно 0,04 саж. на каждой цѣпи, а потому поправку въ 1 саж. пришлось бы вычесть. Такимъ образомъ, если цѣпь длиннѣе 10-ти саж., то поправка прибавляется, если же короче,—то вычитается.

Понятно, подобныя поправки въ измѣреніяхъ линій, крайне неудобны; лучше,—какъ сказано выше, перемѣнить конецъ ленты или цѣпи, слѣдуя



Чер. 36.

новую черточку. Иногда для исправленія цѣпи употребляютъ особый уравниватель (чер. 36), съ помощью котораго можно сбли-

жать два сосѣднихъ колѣна цѣпи.

§ 17. Измѣреніе линій шагами. Педометръ. Измѣреніе колесомъ. Глазомѣръ. Относительно измѣренія линій нужно замѣтить еще, что когда не требуется точности при измѣреніи, то длину линій можно измѣрять шагами; иногда при длинныхъ линіяхъ счетъ шаговъ ведется особымъ приборомъ шагомѣромъ или педометромъ, имѣющимъ видъ карманныхъ часовъ, который и носится, какъ часы. При каждомъ шагѣ съемщика молоточекъ шагомѣра, въ слѣдствіе колебанія корпуса человѣка, дѣлаетъ одинъ ударъ и передвигаетъ стрѣлку на 1 дѣленіе. Часто измѣряютъ шагами короткія второстепенныя линіи при съемкѣ подробностей мѣстности. Линіи, измѣренныя шагами, можно перечислить въ сажени, если извѣстна средняя величина шага съемщика. Величина же шага опредѣляется слѣдующимъ образомъ. Отмѣряютъ лентой на мѣстности нѣкоторую длину, напримѣръ въ 20 саж.; затѣмъ съемщикъ проходитъ ее шагами нѣсколько разъ и замѣчаетъ каждый разъ число шаговъ; отсюда онъ легко опредѣлитъ среднюю величину своего шага или же число шаговъ въ 10 саженихъ, напримѣръ 27 шаговъ въ 10 саженихъ.

Для большинства людей средняго роста длина шага равна 0,37 саж., т. е. немногимъ болѣе аршина. При короткихъ второстепенныхъ линіяхъ принимаютъ шагъ равнымъ аршину.

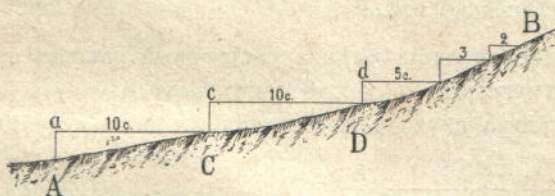
При необходимости произвести приблизительное измѣреніе линій, тянущихся на сотни верстъ, напримѣръ, по дорогамъ, дѣлаютъ это въ экипажѣ, колесо котораго снабжается счетчикомъ оборотовъ; зная длину окружности колеса, найдемъ пройденный путь.

Наконецъ слѣдуетъ упомянуть, что иногда, а въ военномъ дѣлѣ—часто, можетъ встрѣтиться надобность оцѣнить разстояніе приблизительно на глазъ—глазомѣромъ. Чтобы приучить глазъ къ этому, слѣдуетъ упражнять его на извѣстныхъ измѣренныхъ разстояніяхъ.

§ 18. Измѣреніе наклонныхъ линій. Таблица поправокъ. Для составленія плана мѣстности намъ нужно знать не длину самыхъ наклонныхъ линій, а длину ихъ горизонтальныхъ проложеній. Проложеніе линій можетъ быть найдено нѣсколькими способами. Замѣтимъ здѣсь же, что

каждый изъ этихъ способовъ примѣнимъ какъ при измѣреніи вверхъ по наклону, такъ и при измѣреніи внизъ.

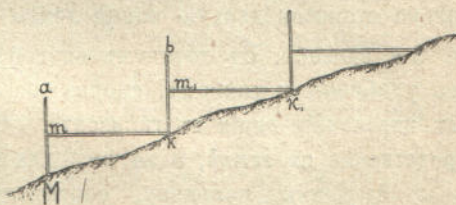
1-й способъ. Пусть нужно найти проложеніе линіи АВ (чер. 37), идя отъ точки А къ В. Тогда задній рабочій въ точкѣ А поднимаетъ свой конецъ



Чер. 37.

ленты по вертикали надъ точкой А, а передній кладетъ свой конецъ ленты на землю въ точкѣ С, пока лента не займетъ приблизительно горизонтальнаго положенія аС. Установка точки а надъ точкой А дѣлается на глазъ или же по отвѣсу. Затѣмъ передній переходитъ въ точку D, а задній въ точку С и такъ же точно поднимаетъ свой конецъ до точки с и т. д. Натяженіе всей ленты въ горизонтальномъ положеніи возможно лишь при слабомъ уклонѣ; при крутомъ же подъемѣ линія Аа вышла бы на столько высока, что рабочій не могъ бы на такую вышину поднять конецъ ленты. Въ такомъ случаѣ, протянувъ впередъ всю ленту, натягиваютъ ее горизонтально по частямъ: по 5 саж., или же по 3 и даже по 2 саж., но шпильку ставятъ лишь послѣ укладки всѣхъ 10 саж. ленты. При очень крутыхъ подъемахъ вмѣсто ленты употребляютъ деревянную сажень или же брусокъ въ 1,5 с.; тогда при установкѣ приподнятаго отъ земли задняго конца m

бруска (чер. 38) надъ точкой М пользуются отвѣсомъ. Для приведенія же бруска mk въ горизонтальное положеніе употребляютъ либо уровень на немъ, либо пользуются другимъ брускомъ Ма или же вѣхой, которые ставятъ въ точкѣ М вертикально



Чер. 38.

по отвѣсу, и тогда брусокъ mk ставятъ въ такое положеніе, чтобы конецъ m, касающійся бруска Ма, не переходилъ за линію Ма влево при подниманіи или опусканіи конца m, т. е. чтобы дуга, описываемая концомъ m около точки k, какъ около центра, только касалась бы бруска Ма; въ противномъ случаѣ конецъ k передвигаютъ далѣе вправо. Затѣмъ брусокъ Ма переносятъ въ положеніе kb, а mk въ положеніе m'k' и повторяютъ это до тѣхъ поръ, пока не будетъ пройдена вся линія.

При измѣреніи линіи не вверхъ, а внизъ по косогору придется по-прежнему надъ землей передній конецъ ленты и подъ нимъ по вертикали ставить шпильку.

Изложенное непосредственное измерение горизонтального проложения наклонных линий съ помощью горизонтального натяжения ленты не даетъ точныхъ результатовъ вслѣдствіе провисанія ленты. Выгоднѣе изложенныя ниже 3-й способъ; 1-й же способъ примѣнимъ, когда линія идетъ по буграмъ, причемъ наклонъ линіи къ горизонту мѣняется очень часто, наприм. черезъ каждыя нѣсколько сажень.

2-й способъ. Если линія имѣетъ постоянный наклонъ къ горизонту на значительномъ протяженіи, то можно одинъ разъ натянуть ленту или половину ея горизонтально по возможности точнѣе въ положеніе $A d$ (чер. 39),



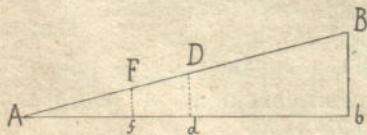
Чер. 39.

затѣмъ поточнѣе отмѣтитъ точку D на вертикали, идущей черезъ точку d , и держа конецъ A ленты неподвижно, опустить натянутую ленту на землю; тогда конецъ d придетъ въ точку f , правѣ точки D , такъ какъ $AD > Ad$, что видно изъ прямоугольнаго треугольника AdD . Длину fD измеримъ; она покажетъ, на сколько (до точки D) надо переставить шпильку впередъ отъ конца положенной на землѣ ленты, чтобы горизонтальное проложение линіи AD было равно 10-ти саженьямъ (или 5 саж.). На линіи съ постояннымъ наклономъ длина fD будетъ та же и при дальнѣйшемъ откладываніи ленты, а потому при нахожденіи этимъ путемъ горизонтальнаго проложения линіи AB откладываемъ для дальнѣйшаго измерения ленту прямо по землѣ, но шпильки втыкаемъ не у конца ленты, а на длину fD дальше.

Удобно поправку вычесть сразу, пройдя все разстояние.

Измерение вверхъ по косогору дѣлается такимъ же образомъ, т. е. шпилька ставится дальше конца ленты на соответствующую длину.

3-й способъ. Въ третьемъ способѣ опредѣленія проложения линіи, самымъ удобномъ и точномъ, сперва особымъ приборомъ (§ 19) измеряютъ уголъ наклоненія линіи къ горизонту; длину наклонной линіи измеряютъ непосредственно по землѣ, а затѣмъ для полученія ея проложения вычитаютъ изъ этой длины поправку, соответствующую данному углу наклоненія. Поправка эта представляетъ разницу между длиной наклонной линіи и длиной ея горизонтальнаго проложения и называется поправкой отъ негоризонтальности; такъ какъ при этомъ каждая сажень линіи сокращается на одну и ту же величину, то поправку для разныхъ длинъ AF , AD , AB (чер. 40) найдемъ, умноживъ поправку одной сажени на число сажень въ линіяхъ.



Чер. 40.

Съ увеличеніемъ угла наклоненія линіи къ горизонту проложение ея уменьшается, а потому упомянутая поправка будетъ тѣмъ больше, чѣмъ уголъ наклоненія больше; но замѣтимъ, что поправка возрастаетъ не пропорціонально углу, а гораздо быстрѣе; это можно видѣть и на чер. 10, гдѣ Vb_1 , Vb_2 , Vb_3 . . . —

поправки, которыя, съ возрастаніемъ угла почти на одинаковую величину, возрастаютъ все быстрее.

Поправки для разныхъ угловъ наклоненія помѣщены въ особую таблицу, прилагаемую ниже. Въ таблицѣ для удобства даны поправки не для одной сажени, а для 100 с., 200 с. и т. д.; при этомъ числа послѣдующихъ вертикальныхъ столбцовъ должны быть больше чиселъ 1-го столбца (для 100 с.) въ 2 раза, въ 3 раза и т. д.; замѣчаемое въ числахъ небольшое отступленіе отъ указаннаго правила объясняется тѣмъ, что числа 1-го столбца приближенныя—округлены.

ТАБЛИЦА

поправокъ для наклонныхъ линій.

Длина линій	100	200	300	400	500	600	700	800	900
Углы накло- ненія	ПО П Р А В К А В Ъ С А Ж Е Н Я Х Ъ								
1°00'	0,02	0,03	0,05	0,06	0,08	0,09	0,11	0,12	0,14
30'	0,03	0,07	0,10	0,14	0,17	0,21	0,24	0,27	0,31
2°00'	0,06	0,12	0,18	0,24	0,30	0,37	0,43	0,49	0,55
30'	0,10	0,19	0,29	0,38	0,48	0,57	0,67	0,76	0,86
3°00'	0,14	0,27	0,41	0,55	0,69	0,82	0,96	1,10	1,23
30'	0,19	0,37	0,56	0,75	0,93	1,12	1,31	1,49	1,68
4°00'	0,24	0,49	0,73	0,98	1,22	1,46	1,71	1,95	2,19
30'	0,31	0,62	0,92	1,23	1,54	1,85	2,16	2,47	2,77
5°00'	0,38	0,76	1,14	1,52	1,90	2,28	2,66	3,04	3,42
30'	0,46	0,92	1,38	1,84	2,30	2,76	3,22	3,68	4,14
6°00'	0,55	1,10	1,64	2,19	2,74	3,29	3,84	4,38	4,93
30'	0,64	1,29	1,93	2,57	3,21	3,86	4,50	5,14	5,79
7°00'	0,75	1,49	2,24	2,98	3,73	4,47	5,22	5,96	6,71
30'	0,86	1,71	2,57	3,42	4,28	5,13	5,99	6,84	7,70
8°00'	0,97	1,95	2,92	3,89	4,87	5,84	6,81	7,79	8,76
30'	1,10	2,20	3,29	4,39	5,49	6,59	7,69	8,79	9,89
9°00'	1,23	2,46	3,69	4,92	6,16	7,39	8,62	9,85	11,08
30'	1,37	2,74	4,11	5,49	6,86	8,23	9,60	10,97	12,34
10°00'	1,52	3,04	4,56	6,08	7,60	9,12	10,63	12,15	13,67
30'	1,67	3,35	5,02	6,70	8,37	10,05	11,72	13,40	15,07
11°00'	1,84	3,67	5,51	7,35	9,19	11,02	12,86	14,70	16,54
30'	2,01	4,02	6,02	8,03	10,04	12,05	14,05	16,06	18,07
12°00'	2,19	4,37	6,56	8,74	10,93	13,11	15,30	17,48	19,67
30'	2,37	4,74	7,11	9,48	11,85	14,22	16,59	18,96	21,33
13°00'	2,56	5,13	7,69	10,25	12,82	15,38	17,94	20,50	23,07
30'	2,76	5,53	8,29	11,05	13,82	16,58	19,34	22,10	24,87
14°00'	2,97	5,94	8,91	11,88	14,85	17,82	20,79	23,76	26,73
30'	3,19	6,37	9,56	12,74	15,93	19,11	22,30	25,48	28,67
15°00'	3,41	6,81	10,22	13,63	17,04	20,44	23,85	27,26	30,67
30'	3,64	7,27	10,91	14,55	18,18	21,82	25,46	29,09	32,73

Углы накло- нения	Длина линий								
	100	200	300	400	500	600	700	800	900
ПО П Р А В К А В Ъ С А Ж Е Н Я Х Ъ									
16°00'	3,87	7,75	11,62	15,50	19,37	23,24	27,12	30,99	34,87
„ 30'	4,12	8,24	12,35	16,47	20,59	24,71	28,83	32,94	37,06
17°00'	4,37	8,74	13,11	17,48	21,85	26,22	30,59	34,96	39,33
„ 30'	4,63	9,26	13,88	18,51	23,14	27,77	32,40	37,03	41,65
18°00'	4,89	9,79	14,68	19,58	24,47	29,37	34,26	39,15	44,05
„ 30'	5,17	10,34	15,50	20,67	25,84	31,01	36,17	41,34	46,51
19°00'	5,45	10,90	16,34	21,79	27,24	32,69	38,14	43,59	49,03
„ 30'	5,74	11,47	17,21	22,94	28,68	34,42	40,15	45,89	51,62
20°00'	6,03	12,06	18,09	24,12	30,15	36,18	42,22	48,25	54,28
„ 30'	6,33	12,67	19,00	25,33	31,66	38,00	44,33	50,66	57,00
21°00'	6,64	13,28	19,93	26,57	33,21	39,85	46,49	53,14	59,78
„ 30'	6,96	13,92	20,87	27,83	34,79	41,75	48,71	55,67	62,62
22°00'	7,28	14,56	21,85	29,13	36,41	43,69	50,97	58,25	65,54
„ 30'	7,61	15,22	22,84	30,45	38,06	45,67	53,28	60,90	68,51
23°00'	7,95	15,90	23,85	31,80	39,75	47,70	55,65	63,60	71,55
„ 30'	8,29	16,59	24,88	33,18	41,47	49,76	58,06	66,35	74,65
24°00'	8,65	17,29	25,94	34,58	43,23	51,87	60,52	69,16	77,81
„ 30'	9,00	18,01	27,01	36,02	45,02	54,02	63,03	72,03	81,04
25°00'	9,37	18,74	28,11	37,48	46,85	56,22	65,58	74,95	84,32
„ 30'	9,74	19,48	29,22	38,97	48,71	58,45	68,19	77,93	87,67
26°00'	10,12	20,24	30,36	40,48	50,60	60,73	70,85	80,97	91,09
„ 30'	10,51	21,01	31,52	42,03	52,53	63,04	73,55	84,05	94,56
27°00'	10,90	21,80	32,70	43,60	54,50	65,39	76,29	87,19	98,09
„ 30'	11,30	22,60	33,90	45,20	56,50	67,79	79,09	90,39	101,69
29°00'	11,71	23,41	35,12	46,82	58,53	70,23	81,94	93,64	105,35
„ 30'	12,12	24,24	36,35	48,47	60,59	72,71	84,83	96,94	109,06
28°00'	12,54	25,08	37,61	50,15	62,69	75,23	87,77	100,30	112,84
„ 30'	12,96	25,93	38,89	51,86	64,82	77,78	90,75	103,71	116,68
30°00'	13,40	26,79	40,19	53,59	66,99	80,38	93,78	107,18	120,58
„ 30'	13,84	27,67	41,51	55,35	69,19	83,02	96,86	110,70	124,53
31°00'	14,28	28,57	42,85	57,13	71,42	85,70	99,98	114,27	128,55
„ 30'	14,74	29,47	44,21	58,94	73,68	88,42	103,15	117,89	132,62
32°00'	15,20	30,39	45,59	60,78	75,98	91,17	106,37	121,56	136,76
„ 30'	15,66	31,32	46,98	62,64	78,31	93,97	109,63	125,29	140,95
33°00'	16,13	32,27	48,40	64,53	80,67	96,80	112,93	129,06	145,20
„ 30'	16,61	33,22	49,83	66,45	83,06	99,67	116,28	132,89	149,50
34°00'	17,10	34,19	51,29	68,38	85,48	102,58	119,67	136,77	153,86
„ 30'	17,59	35,17	52,76	70,35	87,94	105,52	123,11	140,70	158,29
35°00'	18,09	36,17	54,26	72,34	90,43	108,51	126,60	144,68	162,77
„ 30'	18,59	37,18	55,76	74,35	92,94	111,53	130,12	148,70	167,29
36°00'	19,10	38,20	57,29	76,39	95,49	114,59	133,69	152,78	171,88
„ 30'	19,61	39,23	58,84	78,46	98,07	117,68	137,30	156,91	176,53
37°00'	20,14	40,27	60,41	80,55	100,69	120,82	140,96	161,10	181,23
„ 30'	20,67	41,33	62,00	82,66	103,33	123,99	144,67	165,32	185,99
38°00'	21,20	42,40	63,59	84,79	105,99	127,19	148,39	169,58	190,78
„ 30'	21,74	43,48	65,22	86,96	108,70	130,44	152,18	173,92	195,66
39°00'	22,29	44,57	66,86	89,14	111,43	133,71	156,00	178,28	200,57
„ 30'	22,84	45,67	68,51	91,35	114,19	137,02	159,86	182,70	205,53
40°00'	23,40	46,79	70,19	93,58	116,98	140,37	163,77	187,16	210,56

Для угловъ промежуточныхъ, если бы требовалось, можно соответственную поправку вычислить, полагая, что она при увеличеніи угла на небольшую величину въ 30' возрастаетъ равномерно. Найдемъ, наприм., поправку для угла 7° 15' при длинѣ линіи въ 100 саж. Разница двухъ со- сѣднихъ чиселъ таблицы—для угловъ 7° и 7° 30' при длинѣ 100 саж. равна 0,86—0,75=0,11, т. е. при возрастаніи угла на 30' поправка въ данномъ мѣстѣ таблицы возрастаетъ на 0,11 с.; при возрастаніи же угла отъ 7° до 7° 15' поправка возрастетъ на $\frac{0,11}{2}$, и для угла 7° 15' она будетъ равна $0,75 + \frac{0,11}{2} = 0,81$ с.

Подобно этому можно найти поправку для промежуточнаго угла, напр. для угла 7° 22'. Находимъ сперва приращеніе поправки для 22'; для этого пишемъ:

<i>приращ. угла.</i>	<i>приращ. поправки.</i>	Отсюда $x = \frac{0,11 \cdot 22}{30} = \frac{2,42}{30} = 0,08$. Поэтому поправка для 7° 22' будетъ = $= 0,75 + 0,08 = 0,83$ с.
30'	0,11 с.	
22'	x	

Такимъ образомъ по двумъ значеніямъ поправки—0,86 и 0,75 для угловъ 7° 30' и 7° мы нашли промежуточное значеніе ея 0,83 для промежуточнаго угла 7° 22'. Изложенное дѣйствіе, часто встрѣчаемое въ землемѣрїи, при помощи котораго мы находимъ промежуточное значеніе величины, называется интерполлированіемъ.

Покажемъ на примѣрахъ пользованіе таблицей поправокъ.

I. Пусть наклонная линія равна 286,5 саж. и уголь наклоненія ея 13°; найти горизонтальное положеніе линіи.

Разбиваемъ число 286,5 на части 200+80+6+0,5. Беремъ изъ таблицы противъ 13° слѣдующія числа поправокъ: для 200 с.—5,13 с.; затѣмъ для 80 саж. дѣлимъ поправку для 800 саж. на 10, получимъ $\frac{20,5}{10} = 2,05$ с.; такимъ же образомъ поправку для 600 саж. дѣлимъ на 100, получимъ для 6 с.— $\frac{15,38}{100} = 0,154$ с.; поправка для 0,5 с. получится $\frac{12,82}{1000} = 0,013$. (Числа 0,154 и 0,013—округлены до тысячныхъ долей). Сложивъ эти поправки, получимъ 5,13+2,05+0,154+0,013=7,347 саж.=приблиз. 7,35 саж. Отсюда искомое положеніе линіи=286,5—7,35=279,15 с.

II. Пусть при той же длинѣ наклонной линіи въ 286,5 с. уголь наклоненія равенъ 13° 12'; найти горизонтальное положеніе линіи. Находимъ сперва поправки для 286,5 с. при двухъ сосѣднихъ углахъ 13° и 13° 30' такъ, какъ сейчасъ рассказано. Для угла 13° мы уже нашли поправку 7,35 саж. Найдемъ такимъ же образомъ поправку для угла 13° 30'. Получимъ изъ таблицы противъ 13° 30'

для 200 с.	5,53 с.	
" 80 "	2,21 " т. е.	$\frac{22,10}{10}$
" 6 "	0,1658 " т. е.	$\frac{16,58}{100}$
" 0,5 "	0,0138 " т. е.	$\frac{13,82}{1000}$

Итого для 286,5—7,92 с. (округл.).

Слѣдов. искомая поправка для угла $13^{\circ}12'$ равна $7,35+0,23=7,58$ с.; проложеніе же линіи равно $286,5-7,58=278,92$ с. $\approx 278,9$ с. (приближенно).

При съемкѣ мѣстности заносятъ въ полѣ въ тетрадь, служащую для записи измѣреній, длину наклонныхъ линій и углы наклоненія ихъ, а горизонтальныя проложенія съ помощью таблицы поправокъ опредѣляютъ дома. Замѣтимъ здѣсь, что при измѣреніи линіи лентой отмѣчаются и принимаются во вниманіе углы наклоненія, начиная съ 2° , а при измѣреніи цѣпью съ 3° . Линіи или части ихъ съ углами наклоненія ниже указанныхъ предѣловъ принимаются какъ бы горизонтальными ввиду незначительности приходящейся на такіе углы наклоненія поправки, не могущей замѣтно отразиться на точности работъ. Впрочемъ, если уклоны, меньшіе указанныхъ предѣловъ, тянутся на значительныя разстоянія, то и ихъ полезно отмѣчать для введенія поправокъ. Таблица поправокъ для удобства пользованія ею наклеивается въ тетради, служащей для записи измѣреній. Замѣтимъ еще, что къ указанному выше 2-му способу, (стр. 22) измѣренія наклонныхъ линій приходится прибѣгать въ тѣхъ случаяхъ, когда у работающаго либо нѣтъ инструмента для опредѣленія угловъ наклоненія линій къ горизонту, либо нѣтъ таблицы поправокъ.

Понятіе о составленіи таблицы поправокъ. Косинусъ угла. Таблица поправокъ, хотя и не точная, могла бы быть получена графически, т. е. пользуясь построеніемъ на бумагѣ (поточіѣе) угловъ наклоненія и проложеній линій. Такъ если нашъ уголь $=15^{\circ}$, строимъ его транспортиромъ; затѣмъ откладываемъ на одной его сторонѣ нѣкоторую длину АВ (чер. 40), напр. 5 дм., опускаемъ перпендикуляръ Вb на другую сторону и измѣримъ въ дюймахъ проложеніе Ab. Если Ab получилось, напр., 4,84 дм., то поправка для 5 дм. равна $5-4,84=0,16$ дм.; раздѣливъ ее на 5, получимъ 0,032 дм., т. е. поправку для 1 дюйма. Если бы вмѣсто 5 дм. у насъ было 5 саж., то всѣ размѣры возрали бы въ одинаковое число разъ, и поправка для 1 саж. получилась бы 0,032 саж. Помноживъ ее на 100 (для 100 с.), получамъ число 3,2, нѣсколько отличающееся отъ поправки (3,41), помѣщенной въ таблицѣ.

Болѣе точныя значенія поправокъ находятъ съ помощью науки тригонометріи слѣд. образомъ. Изъ черт. 40 видимъ, что $\frac{Af}{AS} = \frac{Ad}{AD} = \frac{Ab}{AB}$ (изъ

Теперь чтобы найти поправку для угла $13^{\circ}12'$, нужно интерполировать между числами 7,35 и 7,92, которыя получены для угловъ 13° и $13^{\circ}30'$. Для этого находимъ приращеніе поправки при измѣненіи угла на $12'$; это приращеніе $= \frac{(7,92-7,35) \cdot 12}{30} = \frac{0,57 \cdot 12}{30} = 0,23$.

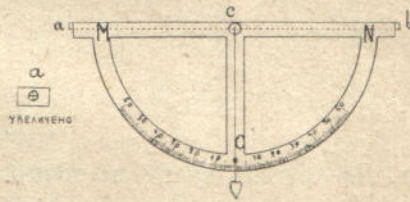
подобія треугольников). Это отношение, т. е. отношение катета, прилежащего углу В, къ гипотенузѣ называется въ тригонометріи косинусомъ угла В и обозначается $\text{Cos } B$; слѣдов. косинусъ, который всегда меньше единицы, называется, какую часть проложеніе линіи составляетъ отъ самой линіи, а потому, помноживъ длину линіи на косинусъ ея угла наклоненія, получимъ проложеніе линіи. И такъ можемъ написать $\frac{Ab}{AB} = \text{Cos } B$; отсюда $Ab = AB \cdot \text{Cos } B$.

Такъ какъ величины косинусовъ примѣняются часто не только въ землѣмѣрѣ, но и въ другихъ наукахъ, то въ тригонометріи вычислены по особымъ правиламъ съ большою точностью таблицы косинусовъ для разныхъ угловъ. Если длина линіи $AB = 1$ саж., то $\text{Cos } B$ дастъ величину проложенія этой линіи; вычтя же косинусъ изъ 1, получимъ поправку отъ негоризонтальности для 1 саж. при углѣ, косинусъ котораго беремъ. Умноживъ эти поправки для разныхъ угловъ на 100, на 200, и т. д., получимъ нашу таблицу поправокъ для наклонныхъ линій.

Горизонтальное проложеніе линій можно находить, какъ сказано выше, умножая прямо длину наклонной линіи на косинусъ угла наклоненія, но это требовало бы большіхъ вычисленій, нежели при пользованіи таблицей поправокъ, особенно—если въ ней имѣются уже готовые произведенія на 2, на 3 и т. д. или на 200, на 300 и т. д.

§ 19. Эклиметръ. Высотомѣръ. Весьма часто углы наклоненія линій къ горизонту, нужные для опредѣленія горизонтальныхъ проложеній, измѣряются съ помощью вертикальнаго круга, имѣющагося при землѣмѣрныхъ приборахъ съ трубами,—о чемъ будетъ объяснено въ дальнѣйшемъ. Простейшіе же и болѣе легкіе при-

боры, употребляющіеся для той же цѣли, называются эклиметрами или высотомѣрами. Разсмотримъ простой эклиметръ, имѣющій видъ полукруга, раздѣленнаго на градусы, съ линейкой MN (чер. 41), идущей вдоль діаметра полукруга; нуль дѣленій



Чер. 41.

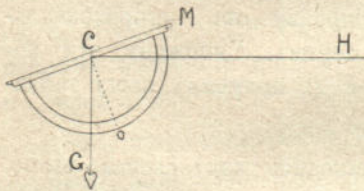
представленъ въ серединѣ дуги, и числа градусовъ подписаны въ обѣ стороны отъ нуля. Полукругъ надѣвается своимъ центромъ на небольшую ось (чер. 42—видъ сверху), на которой эклиметръ можетъ вращаться (полукругъ на чертежѣ не показанъ); на той же оси на кольцѣ a подвѣшивается отъ центра; такимъ образомъ нить отвѣса проходитъ черезъ центръ полукруга. На другомъ концѣ оси имѣется кольцо A , которымъ эклиметръ надѣвается на колѣ. Винтъ k зажимаетъ эклиметръ на колѣ. У концовъ линейки MN , перпендикулярно къ ней, укрѣпляются иногда небольшія планшеты a и b съ круглыми отверстиями, въ которыхъ



Черт. 42.

натянуты пересѣкающіеся подъ прямымъ угломъ волоски (изъ конца чернаго волоса); такія пластинки называются діоптрами. Линія, соединяющая точки пересѣченія волосковъ въ обѣихъ діоптрахъ, дѣлается параллельно діаметру полукруга и, слѣдовательно, перпендикулярной къ радіусу CO проведенному въ нулевое дѣленіе.

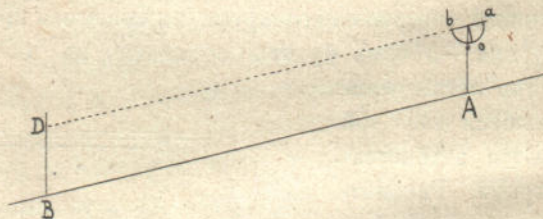
При измѣреніи угла наклоненія линіи плоскость полукруга ставится вертикально, что можно провѣрить находящимся при полукругѣ отвѣсомъ, а діаметръ его ставятъ параллельно линіи мѣстности. Если діаметръ горизонталенъ (чер. 41), то нить отвѣса проходитъ черезъ нулевое дѣленіе. Если же наклонимъ діаметръ (чер. 43), то на сколько діаметръ отойдетъ отъ



Чер. 43.

горизонтальнаго положенія, на столько радіусъ CO отойдетъ отъ вертикальнаго потому $\angle OCG = \angle MCH$, гдѣ CH —линія горизонтальная. Такимъ образомъ отсчетъ на полукругѣ, показанный отвѣсомъ, дастъ уголъ наклоненія діаметра къ горизонту. (Равенство угловъ MCH и OCG можно еще доказать тѣмъ, что это—углы съ взаимно перпендикулярными сторонами: $OC \perp MC$ и $CG \perp CH$).

Чтобы дѣйствительно направить діаметръ эклиметра параллельно линіи мѣстности, пользуются указанными выше діоптрами. Именно въ началѣ линіи въ точкѣ A (чер. 44) устанавливаютъ вертикально колъ съ экли-



Чер. 44.

метра. На другомъ концѣ въ точкѣ B ставятъ тоже вертикально колъ съ отвѣсомъ, на которыхъ обозначаютъ точку D на такой же высотѣ надъ землею, на какой находится центръ эклиметра надъ точкой A . Затѣмъ наводятъ діоптры на точку D ; тогда линія, проходящая черезъ точки пересѣченія волосковъ діоптровъ,—а слѣдовательно и діаметръ эклиметра будутъ параллельны линіи мѣстности. Если при эклиметрѣ нѣтъ діоптровъ, то для наведенія пользуются верхнимъ краемъ линейки MN , которая въ такихъ случаяхъ дѣлается нѣсколько длиннѣе.

§ 20. Повѣрки эклиметра. Повѣркой какого либо прибора называется изслѣдованіе, дѣйствительно ли въ приборѣ соблюдены тѣ условія, которыхъ говорится въ описаніи прибора и которыя необходимы для пользованія имъ; такъ мы видѣли выше повѣрку ленты и цѣпи. При изумленіи землемѣрныхъ инструментовъ мы должны обратить большое вниманіе

повѣрки, такъ какъ старательнѣйшая работа инструментомъ не даетъ точныхъ результатовъ и пропадаетъ даромъ, если самъ инструментъ не вѣренъ и невѣрности его не приняты въ расчетъ при работѣ.

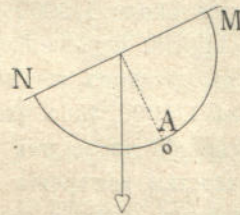
Условія, которымъ долженъ удовлетворять описанный выше эклиметръ, слѣдующія:

1. Дѣленія полукруга должны быть вѣрны, т. е. равны между собою.
2. Линія, соединяющая точки пресѣченія волосковъ діоптровъ, должна быть перпендикулярна къ радіусу, идущему черезъ нуль; если діоптровъ нѣтъ, то верхній край линейки MN (чер. 41) долженъ быть перпендикуляренъ къ тому же радіусу. Это условіе можно выразить иначе: радіусъ, проходящій черезъ нулевое дѣленіе, долженъ быть перпендикуляренъ къ линейкѣ MN или же къ линіи, идущей черезъ центры діоптровъ, а это означаетъ, что нуль на полукругѣ долженъ быть назначенъ на надлежащемъ мѣстѣ, т. е. на серединѣ дуги.

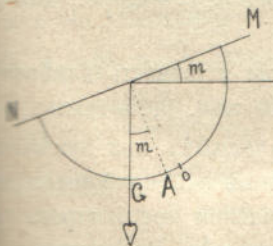
1. Первое условіе можно повѣрить слѣдующимъ образомъ: отнимаемъ эклиметръ и втулку, помѣщенную въ центрѣ дуги эклиметра, тогда полукругъ можно будетъ плотно наложить на бумагу; затѣмъ измѣряемъ разными частями дуги его одинъ и тотъ же уголъ на бумагѣ, ставя центръ полукруга, въ вершину угла. Если числа градусовъ будемъ получать одни и тѣ же дѣленія эклиметра вѣрны.

2. Второе условіе повѣряется слѣдующимъ образомъ: измѣряемъ эклиметръ одинъ и тотъ же уголъ наклоненія линіи къ горизонту, наприм. подъемъ, два раза изъ одной и той же точки: одинъ разъ смотримъ наклонно вверхъ съ конца N линейки (чер. 45), а другой разъ,—повернувъ эклиметръ вмѣстѣ съ коломъ на полъ-оборотъ, смотримъ (такъ же наклонно вверхъ) съ конца M : для этого эклиметръ придется наклонить краемъ M внизъ. Если эклиметръ вѣренъ, т. е. нуль совпадаетъ съ серединой дуги, то отвѣсъ покажетъ одинъ и тотъ же уголъ наклоненія. Если же эклиметръ невѣренъ, т. е. нуль отстоитъ отъ середины дуги на величину Ao (чер. 46),

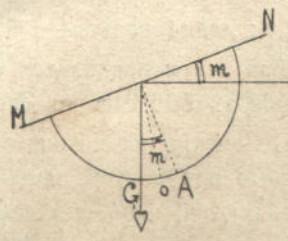
то одинъ разъ мы получимъ отсчетъ oG больше вѣрнаго AG на величину Ao , а другой разъ—послѣ поворота (чер. 47) получимъ отсчетъ oG_1



Черт. 45.



Черт. 46.



Черт. 47.

меньше вѣрнаго AG_1 на ту же величину. Такимъ образомъ вѣрный отсѣдающій уголъ m , равный углу наклоненія линіи къ горизонту, будетъ одинаковъ нѣтъ между двумя полученными отсчетами, а потому онъ будетъ равенъ полусуммѣ.

Кромѣ эклиметра съ описаннымъ выше устройствомъ употреблены еще много другихъ эклиметровъ, устройство которыхъ рассчитано на достиженіе возможно меньшаго ихъ вѣса и размѣровъ и быстроты пользованія ими. Но каково бы ни было устройство разныхъ эклиметровъ, основная мысль эклиметра и требованія, которымъ онъ долженъ удовлетворять, остаются неизмѣнными. Благодаря этому, знающій описанный выше эклиметръ не затруднится въ употребленіи и любого другого эклиметра.

§ 21. Точность измѣренія линій. При самомъ аккуратномъ измѣреніи линій на мѣстности получаемыя числа будутъ отличаться нѣсколько отъ истинной длины линій. Простѣйшимъ доказательствомъ этого могутъ служить то обстоятельство, что при одинаково внимательномъ измѣреніи нѣсколько разъ одной и той же линіи вывѣренной лентой мы получаемъ неодинаковые результаты. Это происходитъ отъ вліянія разныхъ неизбѣжныхъ погрѣшностей, каковы: 1) неодинаковое, — либо излишнее, либо недостаточное натяженіе ленты; 2) уклоненіе ленты отъ направленія измѣряемой линіи; 3) неточная установка колышковъ у концовъ ленты и неточное прикладываніе конца ленты къ поставленнымъ колышкамъ и т. п. Всѣ погрѣшности даютъ въ общемъ ошибку, не превосходящую при внимательномъ измѣреніи извѣстныхъ предѣловъ. Такъ наблюденія показываютъ, что предѣльная (т. е. наибольшая) ошибка при аккуратномъ измѣреніи одной разъ цѣпью линіи длиной около 500 саж. на мѣстности твердой и ровной получается около $1/2000$ измѣряемой длины; при почвѣ же неблагопріятной для измѣреній: неровной, болотистой, песчаной и т. п., ошибка значителеннѣе; въ среднемъ же можно считать предѣльную ошибку измѣренія одной цѣпью въ $1/1000$, такъ что линія, истинная длина которой 500 с., можетъ при измѣреніи число отъ 499,5 саж. до 500,5 саж. Число $1/1000$ называется точностью измѣренія линій цѣпью. Точность измѣренія не одинакова для разныхъ длинъ; такъ съ увеличеніемъ длины вчетверо возможная ошибка возрастаетъ не вчетверо, а приблизительно втрое; съ увеличеніемъ длины въ девять разъ ошибка возрастаетъ приблизительно въ шесть разъ. Такимъ образомъ получаются слѣдующія величины возможныхъ предѣльных ошибокъ для цѣпи: для 100 саж.—0,2; для 500 с.—0,5 с.; для 1000 с.—0,9 с.; для 4 верстъ—1,5 с. и т. д.

Для ленты предѣльная ошибка вдвое меньше и точность измѣренія той линіи въ 500 саж. въ среднемъ равна $1/2000$, т. е. 0,25 саж.

Не смотря на неточность результатовъ, даваемыхъ при измѣреніи линій цѣпью или лентой, тѣмъ не менѣе въ практикѣ эти приборы постоянно употребляются, особенно лента, такъ какъ небольшія погрѣшности въ измѣренныхъ линіяхъ не имѣютъ практическаго значенія. Въ случаяхъ, ка

желаютъ точнѣе узнать длину линіи, ее измѣряютъ лентой нѣсколько разъ и берутъ среднее арифметическое изъ всѣхъ результатовъ; такимъ образомъ находятъ вѣроятнѣйшую длину линіи.

Для полученія болѣе точныхъ результатовъ линіи измѣряются двумя мѣрными жезлами, точно вывѣренными, длиною въ 2 саж. каждый, причемъ одинъ жезлъ прикладывается послѣдовательно къ другому съ возможной аккуратностью; при этой работѣ принимаются всѣ мѣры предосторожности для уменьшенія неизбѣжныхъ погрѣшностей: такъ напр. по длинѣ линіи натягиваютъ шнуръ, по которому кладутъ брусья. Еще болѣе точные результаты получаютъ при измѣреніи линій съ помощью натянутой проволоки, причемъ каждый разъ натяженіе ея производится посредствомъ опредѣленныхъ грузовъ, дѣйствующихъ черезъ два блока на концы проволоки.

Когда линія измѣряется нѣсколько разъ для полученія болѣе точной длины ея или вообще когда линія измѣряется вторично для провѣрки ея, то нужно наблюдать, не получится ли слишкомъ большая разница между результатами отдѣльныхъ измѣреній. Это показало бы, что въ одномъ изъ измѣреній сдѣлана грубая ошибка, и тогда линію придется измѣрить 3-й разъ. Предѣльная, т. е. наибольшая допускаемая разница двухъ измѣреній одной и той же линіи лентой показана въ нижеслѣдующей таблицѣ, составленной на основаніи опытовъ.

Длина линій	ПРЕДѢЛЬНАЯ РАЗНИЦА ДВУХЪ ИЗМѢРЕНІЙ ЛЕНТОЙ		
	При почвѣ благопріятной	При почвѣ средней	При почвѣ неблагопріятн.
50 с.	0,10 с.	0,13 с.	0,15 с.
100	0,15	0,19	0,22
200	0,24	0,29	0,34
300	0,32	0,39	0,45
500	0,47	0,57	0,66
1000 с.	0,83	1,01	1,17
2000	1,54	1,89	2,18
10 вер.	3,66	4,05	4,20

При измѣреніи линіи цѣпью допускаемая разница вдвое больше.

Измѣреніе шагами можетъ дать длину линіи съ точностью до $\frac{1}{100}$ длины (т. е. на 100 с.—ошибка 1 с.).

Измѣреніе глазомѣромъ при навыкѣ можетъ дать длину линіи съ точностью до $\frac{1}{20}$ длины (т. е. на 100 с.—ошибка 5 с.).

§ 22. Задачи. 1. Цѣпь короче 10-ти сажень на 0,06 с. Найти истинную длину линій, при измѣреніи которыхъ этой цѣпью получили а) 86,5 с., б) 435,8 с.

2. На мѣстности измѣрена наклонная линія въ 217,4 с., уголь наклона которой измѣняется, именно: до 65 с. уголь наклоненія=8°, отъ 65 с. до 108 с. (считая длину отъ начала линіи)—12°, отъ 108 с. до 176 с.

— $4^{\circ}30'$, отъ 176 с. до конца линіи $14^{\circ}15'$. Найти горизонтальное проложеніе всей линіи.

3. Найти горизонтальное проложеніе наклон. линіи, длина которой на землѣ 138,4, а уголъ накл. $8^{\circ}40'$.

4. При измѣреніи линій лентой 2 раза при почвѣ средней получили слѣдующія числа: а) 58,36 с. и 58,84 с.; б) 84,5 с. и 84,6 с.; в) 168,1 с. и 169,2 с.; г) 284,7 с. и 284,5 с. Определить, въ какихъ изъ этихъ линій разница двухъ измѣреній недопустима.

Глава 3. О масштабѣ плана.

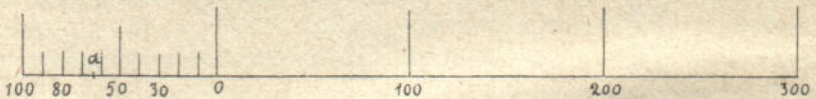
§ 23. Простой линейный масштаб. Численный масштаб.

Измѣренныя на мѣстности линіи изображаются на планѣ въ уменьшенномъ видѣ, для чего нѣкоторое круглое число сажень на мѣстности выражается на планѣ какой либо небольшой единицей мѣры—обыкновенно дюймамъ ($1''$) или одной сотой сажени.

Такъ—планы выполняются „въ дюймѣ 100 саж., 50, 25, 10, 200, 500 саж. (1 вер.), 1000 саж. (2 вер.)“, т. е. линія въ 100, 50 и т. д. саж. на мѣстности выражается на планѣ длиной въ $1''$.

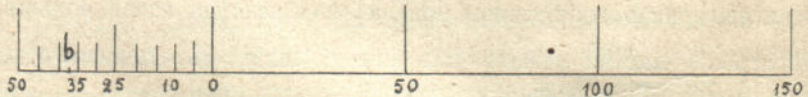
Для нанесенія на планѣ линій въ уменьшенномъ видѣ и для измѣренія линій на планѣ употребляется нижеслѣдующее построеніе: на прямой линіи откладываютъ нѣсколько разъ дюймъ (или 1 сотую сажени) и надписываютъ на ней соответствующія числа сажень. Крайній лѣвый дюймъ дѣлится на равныя части (чер. 48 и 49). Такое построеніе называется ли-

Масштабъ въ дюймѣ 100 саж.



Чер. 48.

Масштабъ въ дюймѣ 50 саж.



Чер. 49.

нейнымъ масштабомъ и вычерчивается обыкновенно на каждомъ планѣ (внизу его). Масштабъ въ описанномъ видѣ называется простымъ; дюймъ или сотка сажени), повторенный въ масштабѣ нѣсколько разъ, называется основаніемъ масштаба. Замѣтимъ, что нуль на масштабѣ ставится не на лѣвомъ концѣ его, а между первымъ и вторымъ дюймоу. На чертежахъ 48-мъ и 49-мъ 1-ый лѣвый дюймъ раздѣленъ на 10 равныхъ частей; каждая такая $0,1''$ по масштабѣ чертежа 48 означаетъ 10 саж. на мѣстности, а по масштабѣ чер. 49—5 саж. на мѣстности.

Линейнымъ масштабомъ пользуются для откладыванія на планѣ длинъ мѣстности слѣдующимъ образомъ: если нужно отложить, напр., по масштабу 100 саж. въ 1" длину 260 саж., то ставимъ одну ножку мѣри- тельнаго циркуля (т. е. имѣющаго обѣ ножки острыя) на дѣленіе, у кото- раго подписано 200 саж., а другую—на дѣленіе, соответствующее 60 саж. дѣломъ крайнемъ дюймѣ, и эту длину переносимъ на планѣ. Если нуж- но было бы взять 264 саж., то одну ножку циркуля пришлось бы поста- вить между числами 60 и 70 на глазъ нѣсколько ближе къ 60-ти, примѣрно въ точкѣ а. Чтобы по масштабу 50 саж. въ 1" взять 187 саж., ставимъ одну ножку циркуля на 150, а другую въ точкѣ б между дѣленіями, соот- ветствующими 35-ти и 40 сажениамъ, ближе нѣсколько къ 35; полученная длина будетъ равна $150 + 35 + 2 = 187$ саж.

При составленіи плановъ частныхъ владѣній употребляется масштабъ, основаніемъ котораго служить 1 дюймъ; на планахъ же и профиляхъ, ко- торые составляются при проведеніи желѣзныхъ дорогъ, за основаніе мас- штаба принимается одна сотая сажени, и одной соткѣ на планѣ соответ- ствуетъ 100, 50, 10 саж. на мѣстности или же болѣе 100 саж.—смотря по масштабу.

Число, показывающее, какую часть длина на планѣ составляетъ отъ соответствующей длины на мѣстности, или иначе говоря, отношеніе дли- ны линіи на планѣ къ длинѣ соответственной линіи на мѣстности назы- вается численнымъ масштабомъ плана. Напримѣръ, если при накладкѣ на планѣ линіи уменьшены въ 10000 разъ, то численный масштабъ = $1/10000$. Численный масштабъ имѣетъ видъ дроби, у которой числителемъ служить 1, а знаменателемъ число, показывающее, во сколько разъ линіи мѣстности уменьшены при нанесеніи ихъ на планѣ.

§ 24. Переходъ отъ линейнаго масштаба къ численному и наоборотъ—отъ численнаго къ линейному. а) По данному линейному масштабу можно опредѣлить соответствующій численный. Такъ, если имѣемъ линейный масштабъ 100 саж. въ 1", то раздробивъ 100 саж. въ дюймы, получимъ, что одному дюйму на планѣ соответствуютъ 8400" на мѣстности; слѣдовательно, линія на планѣ въ 8400 разъ короче линіи на мѣстности; а потому численный масштабъ будетъ $\frac{1}{8400} = \frac{1}{100 \times 84}$. Если имѣемъ масштабъ въ 1 дм. 50 сажень, то численный масштабъ будетъ $\frac{1}{50 \times 84} = \frac{1}{4200}$. Если имѣемъ масштабъ въ 1 соткѣ 100 сажень, то раздробляя 100 сажень въ сотки, найдемъ, что 1 сотка на планѣ выражаетъ 10000 сотокъ на мѣстности, а потому численный масштабъ будетъ $1/10000$.

б) Можно произвести обратное дѣйствіе, именно: по заданному чис- ленному масштабу построить соответствующій ему линейный. Для этого можно выбрать надлежащимъ образомъ основаніе масштаба. Такъ, если численный масштабъ = $1/1000$, то въ 1" на планѣ будетъ 1000" на мѣст-

ности или въ 1 соткѣ на планѣ 1000 сотыхъ сажени на мѣстности. Мы должны выбрать такое основаніе масштаба, въ которомъ заключалось бы круглое и удобное число сажени на мѣстности. Въ данномъ случаѣ, если бы взяли за основаніе 1", то 1000" не выразятся цѣлымъ числомъ сажени; если же взять за основаніе 0,01 саж., то 1000 сотокъ будутъ равны 10 саженимъ, т. е. мы получимъ линейный масштабъ въ 1 соткѣ 10 саж. (чер. 50).

Масштабъ въ 0,01 саж. 10 саж.



Чер. 50.

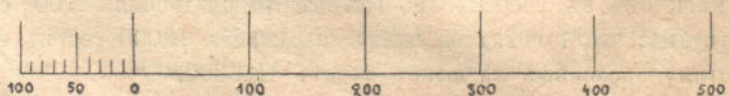
нужно построить линейный. Такъ какъ 840 дѣлится на 84, то 840" обобщается въ круглое число сажени, а потому за основаніе масштаба можно принять 1". Одному дюйму на планѣ будетъ тогда соответствовать 84 или 10 саж. на мѣстности: значить линейный масштабъ будетъ „въ дюймѣ 10 саж.“. Такимъ образомъ, чтобы по данному численному масштабу построить линейный, нужно посмотреть, дѣлится ли знаменатель численнаго масштаба на 100 или 84, и получается ли въ частномъ круглое число, удобное для вычисленій; конечно это бываетъ только въ извѣстныхъ случаяхъ, именно когда знаменателемъ численнаго масштаба служатъ 8400 или 10000 или 1000, числа, полученныя изъ этихъ двухъ умноженіемъ или дѣленіемъ на 2, 5 или 10, 20 . . .

Если же заданъ какой либо другой численный масштабъ, напримѣръ 1/12750, то для построенія линейнаго масштаба разсуждаемъ такъ: въ 1 соткѣ на планѣ содержится 12750 сотокъ или 127,5 саж. на мѣстности; это число неудобно для пользованія имъ на линейномъ масштабѣ, а потому находимъ, какой длиной на планѣ выразятся 100 саж. на мѣстности, т. е. ближайшее къ 127,5 круглое число сажени, и эту длину примемъ за основаніе линейнаго масштаба: вычисленіе дѣлается слѣдующимъ образомъ:

$$\begin{array}{l} 127,5 \text{ саж.} \dots\dots\dots 1 \text{ сотка} \\ 100 \text{ саж.} \dots\dots\dots x \text{ сотокъ} \end{array}$$

отсюда $x = \frac{1 \cdot 100}{127,5} = 0,784$ сотки.

Итакъ за основаніе масштаба нужно принять длину 0,784 сотки. Отложивъ эту длину нѣсколько разъ и раздѣливъ крайній лѣвый отрѣзокъ на 10 равныхъ частей, получимъ искомый масштабъ (чер. 51). Изложено

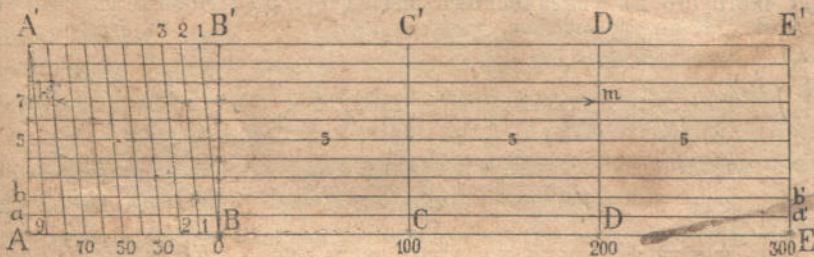


Черт. 51.

сейчасъ дѣйствіе наз. измѣненіемъ основанія масштаба: вмѣсто основанія 1 сотки получаемъ основаніе 0,784 сотки.

Если масштабъ плана не данъ, то можемъ найти его, зная разстояніе мѣстности между 2-мя точками плана; для этого найдемъ, во сколько разъ разстояніе на мѣстности больше такового на планѣ.

§ 25. Поперечный или сложный масштабъ. До сихъ поръ мы рассматривали дѣленіе основанія масштаба на 10, вообще на небольшое число частей. Если же требуется при масштабѣ, напр., 100 саж. въ 1" откладывать точно не только десятки сажень, какъ было выше, но и отдельные сажени, то пришлось бы каждую десятую долю дюйма раздѣлить еще на 10 равныхъ частей; дѣлить непосредственно 0,1" на 10 частей неудобно по малости самой длины въ 0,1"; поэтому дѣлаютъ особое построение, называемое сложнымъ или поперечнымъ масштабомъ. Именно: откладываютъ дюймъ на прямой линіи (чер. 52) нѣсколько разъ; $AB = BC = CD \dots = 1''$;



Чер. 52.

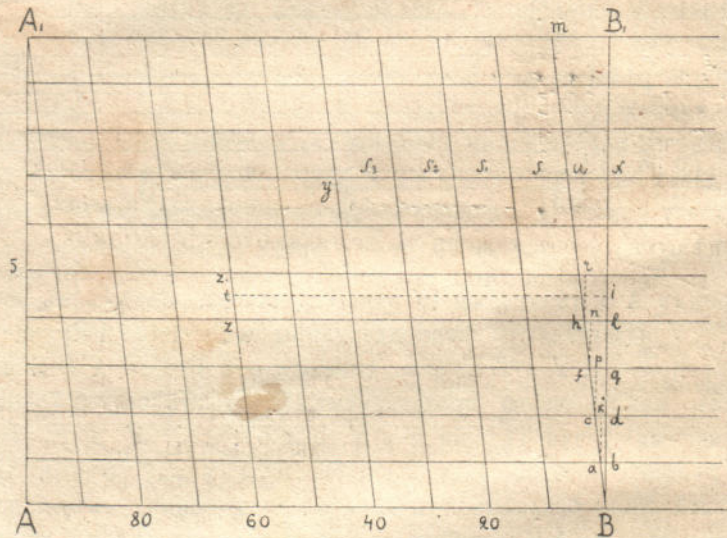
каждый дюймъ AB дѣлятъ на 10 равныхъ частей. Затѣмъ въ точкахъ $A, C, D \dots$ возставляютъ перпендикуляры къ линіи AE ; на крайнихъ перпендикулярахъ AA' и EE' откладываютъ отъ точекъ A и E вверхъ по 10 равныхъ между собою произвольныхъ по длинѣ частей (около 0,1") и соответственныя точки дѣленій a и a', b и $b' \dots A'$ и E' соединяютъ прямыми линіями, которыя будутъ параллельны между собою. На дюймѣ AB верхней линіи откладываютъ десятые доли дюйма, имѣющіяся уже на AB (берутъ ихъ съ AB); затѣмъ соединяютъ точки дѣленій дюймовъ AB и $A'B'$ слѣдующимъ образомъ: точку O внизу соединяютъ съ точкой 1 сверху, точку 1 внизу съ точкой 2 сверху, точку 2 внизу съ точкой 3 сверху и т. д.; наконецъ точку 9 внизу съ точкой A' сверху. Всѣ эти соединяющія линіи будутъ параллельны между собою. Если теперь надпишемъ соответствующія числа сажень, то и получимъ поперечный масштабъ въ 1" = 100 саж.

Передъ употребленіемъ масштаба нужно его повѣрить циркулемъ; именно $AB, BC \dots A'B', B'C' \dots$ должны быть равны между собою и также равны 1"; дѣленія на вертикальныхъ линіяхъ AA' и EE' должны быть равны между собою; десятые доли дюйма на AB и $A'B'$ (а также на параллельныхъ имъ линіяхъ) должны быть тоже равны между собою; наконецъ линіи, проходящія черезъ B и A' должны попадать въ эти точки диаметрально. При повѣркѣ мелкихъ дѣленій берутъ циркулемъ по нѣскольку ихъ.

При составленіи плановъ пользуются обыкновенно готовыми масшта-

бами фабричнаго производства, вырѣзанными на металлическихъ планкахъ. Главнѣйшія достоинства такихъ масштабовъ заключаются въ прочности, болѣе надежной дѣленій и всегдашней готовности къ работѣ. Масштабы, вычерчиваемые на планахъ, служатъ главнымъ образомъ для указанія степени уменьшенія плана по сравненію съ мѣстностью; также и для измѣренія линій на планѣ. Накладка же линій на планъ, прочерченному на немъ масштабу была бы менѣе точной, потому что въ самомъ аккуратномъ употребленіи циркуля неизбежны вдавливанія острыхъ ножекъ циркуля въ бумагу; вдавливанія эти при продолжительномъ употребленіи такого масштаба могутъ сдѣлать его, въ некоторыхъ по крайней мѣрѣ частяхъ, совершенно негоднымъ.

Чтобы объяснить употребленіе поперечнаго масштаба, представимъ лѣвую часть его въ увеличенномъ видѣ (чер. 53). Покажемъ, что отрѣз-



Чер. 53.

параллельныхъ линій, заключающіеся между сторонами треугольника $B B_1$ т. е. отрѣзки $ab, cd, fg, hl, \dots m B_1$ выражаются черезъ самый меньшій изъ нихъ ab слѣдующимъ образомъ: $cd = 2 ab, fg = 3 ab, hl = 4 ab, \dots m B_1 = 10 ab$ *). Для доказательства проведемъ черезъ точки a, c, f, h, \dots линіи ak, ep, fn, hr, \dots , параллельныя $B B_1$; тогда прямоугольные треугольники $Bab, ask, cfp, fh n, \dots$ будутъ равны между собою, такъ какъ сторона $Bb = ak = cp = fn, \dots$ и углы при этихъ сторонахъ равны между собою, какъ углы съ взаимно параллельными сторонами. Слѣдовательно $ab = ck = fp = hn, \dots$

Кромѣ того $ab = kd$, какъ противоположныя стороны параллелограма

*) При дальнѣйшемъ доказательствѣ имѣлись въ виду ученики, не знакомые съ подобіемъ Δ -ковъ. Понятно, что тотъ же результатъ легко выводится изъ подобія Δ -ковъ abB, cdB и т. д.

$akdb$; а потому $cd=2ab$; но $cd=pg$, а потому $fg=3ab$; далѣе: $fg=ln$, а потому $hl=4ab$ и т. д.; наконецъ $mB'=10ab$.

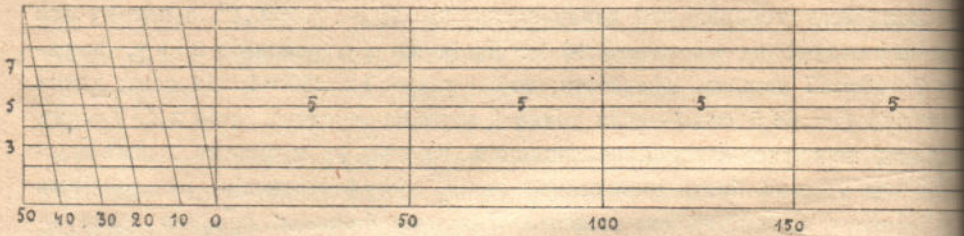
Длина $mB'=0,1''$ и, слѣдовательно, выражаетъ въ нашемъ масштабѣ 10 саж.; длина же ab , которая меньше въ 10 разъ, выразитъ длину въ 1 саж.; подобно этому cd будетъ равно 2 саж., $fg=3$ с., $hl=4$ с. . . .

Замѣтимъ теперь, что длина $s=s_1=s_2=s_3 . . . =0,1''$, а потому эти линіи выражаютъ на мѣстности 10 с. Линія же $xу$, равная $xu+уу$, выразитъ $7+40=47$ саж. на мѣстности; точно также $lz=60+4=64$ саж.; длина же it будетъ $=64,5$ саж.,—если точка t взята на серединѣ линіи zz' . Такимъ образомъ, пользуясь сѣткой, помѣщенной на лѣвомъ крайнемъ дюймѣ масштаба, мы можемъ брать циркулемъ линіи, соотвѣтствующія разстояніямъ на мѣстности, меньшимъ ста саженъ. Линіи же большія берутся слѣдующимъ образомъ. Пусть нужно взять длину 287 саж. (чер. 52); для этого ставимъ одну ножку циркуля въ точку k пересѣченія наклонной черты, проходящей черезъ 80 саж., съ горизонтальной, соотвѣтствующей 7 саженямъ, а другую ножку ставимъ на пересѣченіи в той же горизонтальной линіи съ вертикальной, идущей черезъ 200 саж.; тогда вся линія mk , взятая циркулемъ, будетъ $=200+7+80=287$ саж., и можетъ быть отложена на планѣ.

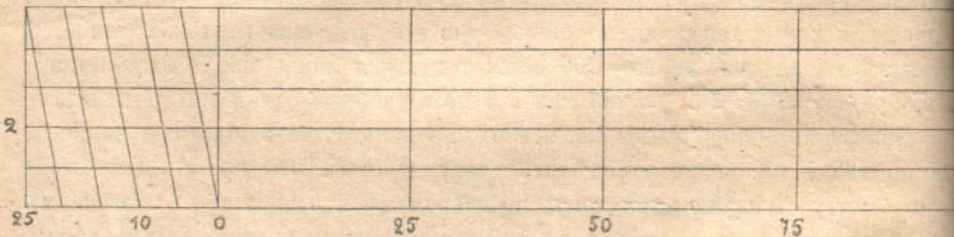
Пользуясь поперечнымъ масштабомъ, можно рѣшать обратный вопросъ, т. е. по длинѣ на планѣ опредѣлять длину линіи на мѣстности. Для этого беремъ длину съ плана циркулемъ, приставляемъ къ масштабу и замѣчаемъ сколько цѣлыхъ сотенъ саженъ въ ней заключается; положимъ—въ ней больше 300 саж., но меньше 400 саж.; тогда ставимъ ножки циркуля на нижнюю линію масштаба: одну на дѣленіе, соотвѣтствующее числу 300 саж., а другую на лѣвый крайній дюймъ, раздѣленный на десятыя доли; если вторая ножка попадетъ на какое либо дѣленіе точно, напр. на 40 саж., то длина линіи будетъ 340 саж.; если же вторая ножка станетъ на примѣръ, между 40 и 50 саж., то передвигаемъ линію, взятую циркулемъ, вверхъ, параллельно самой себѣ такъ, чтобы правая ножка шла по вертикальной линіи, соотвѣтствующей 300 саженямъ,—передвигаемъ до тѣхъ поръ, пока лѣвая ножка не дойдетъ до наклонной черты, проходящей черезъ число 40. Если при этомъ ножка встрѣтитъ наклонную линію въ той же точкѣ, черезъ которую проходитъ одна изъ горизонтальныхъ линіи, на примѣръ, соотвѣтствующая 7 саженямъ, то наша линія будетъ имѣть 147 саж. (правая ножка будетъ на той же горизонтальной линіи). Если же лѣвая ножка встрѣтитъ наклонную линію между горизонтальными, соотвѣтствующими 7 и 8 саженямъ, то наша линія будетъ больше 347-ми саж., но меньше 348; часть саженей берется на глазъ, смотря по тому, къ какой горизонтальной линіи ближе встрѣтитъ ножка наклонную линію: если ближе къ 8 саж. примѣрно на $\frac{2}{3}$ разстоянія, считая отъ линіи для 7 саж., то длина линіи будетъ 347,7 саж.; если же по срединѣ между горизонтальными линіями, соотвѣтствующими 7-ми и 8-ми с., то длина линіи—347,5 с. Здѣсь линія, соединяющая концы ножекъ циркуля, параллельна остальнымъ горизонтальнымъ линіямъ.

Разсмотрѣнный масштабъ наз. сотеннымъ или нормальнымъ. Масштабъ для другого числа саженъ въ 1", напр. для 50 саж., 25 саж. чертятся такъ же; разница заключается въ построении сѣтки на крайнемъ дюймѣ.

Масштабы эти будутъ имѣть видъ, показанный на чер. 54—55. Объяс-



Чер. 54.



Чер. 55.

правило для построения поперечнаго масштаба слѣдующее: число саженъ заключающееся въ основаніи масштаба, разлагаемъ на два удобныхъ множителя; дѣлимъ затѣмъ основаніе масштаба на столько равныхъ частей, сколько единицъ въ одномъ изъ множителей, а на перпендикулярѣ къ нему отложимъ число частей, равное второму множителю; такъ для сотеннаго масштаба имѣемъ $100 = 10 \times 10$, для масштабовъ 50 и 25 саж. въ 1" имѣемъ $50 = 5 \times 10$ и $25 = 5 \times 5$.

§ 26. Пользованіе однимъ и тѣмъ же построеннымъ масштабомъ для накладки плана въ другихъ масштабахъ. Пусть у насъ имѣется поперечный масштабъ 100 саж. въ 1", а намъ нужно наложить линіи на планъ въ масштабѣ 50 саж. въ 1". Замѣтимъ, что первый масштабъ даетъ для плана линіи вдвое короче, чѣмъ второй, а потому, если умножимъ длину всѣхъ линій на 2 и затѣмъ возьмемъ ихъ по масштабѣ 100 саж. въ 1", то получимъ для плана тѣ же длины, какія далъ бы масштабъ 50 саж. въ 1".

Если по сотенному масштабу желаемъ откладывать линіи на планѣ масштабъ коего долженъ быть 25 саж. въ 1", то всѣ длины линій нужно было бы умножить на 4. При обратномъ переходѣ пришлось бы всѣ длины дѣлить.

Построеніе сотеннаго масштаба соответствуетъ не только 100 саже-

нямъ въ 1", но и 10 ти саженьямъ и 1000-чѣ саж. въ 1"; только значенія дѣленій и надписи цифръ будутъ другія; такъ, при масштабѣ 10 саж. въ 1" наименьшее дѣленіе выражаетъ не 1 саж., а 0,1 саж., а при масштабѣ 1000 саж. въ 1" выражаетъ 10 саж.

§ 27. Точность масштаба плана. Самая малая длина на бумагѣ, которая можетъ быть еще различаема простымъ глазомъ есть приблизительно $1/200$ дюйма. Этой $1/200$ дюйма соотвѣтствуетъ на мѣстности различное число сажень, смотря по масштабу; такъ при масштабѣ 100 саж. въ 1" дробь $1/200''$ выразитъ длину въ $1/2$ саж.,

при 50 саж. въ 1" — длину въ $1/4$ саж.

" 10 " " " " " $1/20$ "

" 1000 " " " " " 5 "

Приведенныя числа $1/2$ с., $1/4$ с., $1/20$ с., 5 с. назыв. точностями масштабовъ плановъ; линіи, меньшія этихъ, на планѣ не будутъ замѣтны, а потому при съемкѣ подробностей мѣстности такія линіи не слѣдуетъ измѣрять. Такимъ образомъ точностью масштаба плана называется наименьшая длина на мѣстности, которая можетъ быть замѣтна на планѣ.

§ 28. Масштабъ шаговъ. Линіи, измѣренныя на мѣстности шагами можно наносить на планъ, перечисляя шаги въ сажени, для чего пользуются длиной одного шага. Если такихъ линій много, то выгодно не перечислять ихъ въ сажени, а построить для нихъ, такъ называемый масштабъ шаговъ. Положимъ, планъ чертится въ масштабѣ 100 саж. въ 1". Узнаемъ, сколько въ 100 саж. будетъ шаговъ или же паръ шаговъ, — такъ какъ часто шаги считаются парами. Пусть величина шага съѣмщика = 0,36 саж., а пара шаговъ = 0,72 саж.; тогда въ 100 саж. будетъ заключаться $100 : 0,72 = 138,9$ паръ шаговъ.

Если бы мы пожелали принять за основаніе для масштаба шаговъ одинъ дюймъ, то пришлось бы надписывать на немъ число 138,9 и кратныя его, что, конечно, неудобно. Измѣнимъ основаніе масштаба такъ, чтобы въ немъ заключалось 100 паръ шаговъ. Такъ какъ 1 пара шаговъ = 0,72 саж., то 100 паръ шаговъ = 72 саж. Теперь возьмемъ 72 саж. циркулемъ по масштабу, построенному для сажень (100 саж. въ 1"), и эту длину примемъ за основаніе простого линейнаго масштаба шаговъ; онъ будетъ имѣть видъ, показанный на чер. 56. По такому масштабу можно для накладки брать



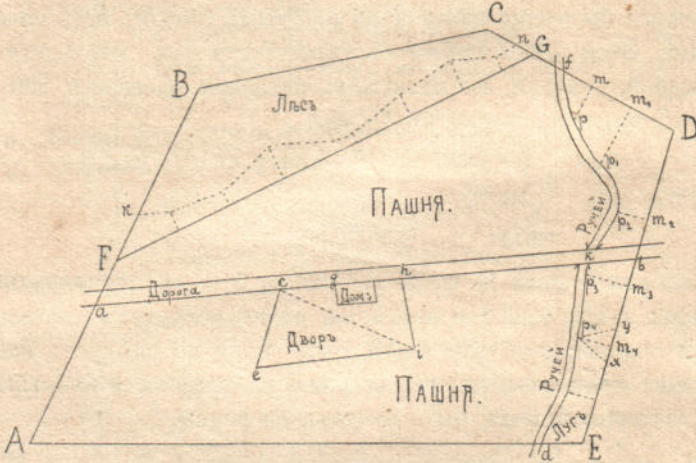
Чер. 56.

линіи, выраженныя въ парахъ шаговъ.

Часто масштабъ для сажень и масштабъ для шаговъ чертятся на одной и той же горизонтальной линіи или на двухъ, близкихъ одна къ другой линіяхъ: первый сверху, а второй снизу.

Глава 4. Съёмка при помощи цѣпи, ленты.

§ 29. Съёмка вообще. Дадимъ на примѣрѣ понятие о производствѣ съёмки мѣстности. Положимъ, требуется снять мѣстность, показанную на чер. 57, именно снять: 1) линію многоугольника А В С D E, т. е. такъ наз. окружную межу снимаемаго участка, 2) извилистый ручей, 3) дорогу,



Чер. 57.

которая предполагается прямой, 4) границу лѣса, 5) положеніе и форму двора, 6) положеніе и размѣры дома. Когда все указанное будетъ снято, то вмѣстѣ съ этимъ опредѣлятся и очертанія пашни и луга.

1. Чтобы снять окружную межу, нужно измѣрить все стороны и все углы многоугольника (горизонтальныя проложенія) и кромѣ того опредѣлить положеніе по крайней мѣрѣ одной стороны относительно странъ свѣта. При съемкѣ окружной межи ее обходить обыкновенно такъ, что снимаемый участокъ находится по правую руку, т. е. обходить „по часовой стрѣлкѣ“.

2. Чтобы снять извилистый ручей, нужно опредѣлить положеніе точекъ d и f, а для этого измѣрить разстоянія Ed и Cf; кромѣ того нужно вдоль ручья обозначить вѣхами точки r, r1, r2, . . . на столько близко одну отъ другой и отъ точенъ d и f, чтобы линіи fr, rr1, rr2, rr3, . . . можно было принять за прямыя; затѣмъ изъ точенъ r, r1, r2, . . . опустимъ перпендикуляры на линіи CD или же DE, т. е. найдемъ подошвы перпендикуляровъ. Далѣе измѣримъ разстояніе Cm и перпендикуляръ mr, разстояніе Cm1 и перпендикуляръ m1r1, разстояніе Dm2 и перпендикуляръ m2r2 и т. д. Этыхъ данныхъ будетъ достаточно для нанесенія на планъ одного берега ручья; для нанесенія другого берега нужно измѣрить ширину ручья; для провѣрки можемъ измѣрить еще разстояніе bk по дорогѣ отъ моста до линіи DE. Линіи CD и DE, на которыя опускаемъ перпендикуляры при съемкѣ ручья, называются магистралами для ручья.

3. Чтобы снять дорогу, нужно опредѣлить положеніе точекъ a и b, а для этого измѣрить разстоянія Aa и Db; кромѣ того нужно измѣрить ширину дороги.

4. Чтобы снять границу лѣса, проведемъ магистраль FG , по возможности ближе къ лѣсу и снимемъ границу лѣса перпендикулярами подобно съемкѣ ручья. Положеніе точекъ F и G опредѣлится измѣреніемъ линій AF и CG ; подобнымъ же образомъ опредѣлится и положеніе точекъ k и n .

5. Для съемки двора измѣримъ разстоянія ac , ch , hi , ie , ec и ci ; при нанесеніи двора на бумагу отложимъ сперва на планѣ по дорогѣ длину ac , затѣмъ ch ; далѣе на ch построимъ треугольникъ chi по тремъ сторонамъ, а на ci такимъ же способомъ треугольникъ cie ; если бы діагональ ci нельзя было измѣрить вслѣдствіе какихъ либо препятствій внутри двора, то можно было бы опустить изъ точекъ e и i перпендикуляры на линію дороги подобно предыдущему.

6. Чтобы снять домъ, нужно измѣрить разстояніе cg и размѣры дома. Подробности мѣстности внутри окружной межи участка называются внутренней ситуацией. При съемкѣ мѣстности ведется въ полѣ въ тетради отъ руки черновой чертежъ, называемый абрисомъ.

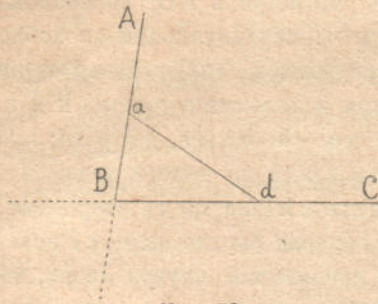
Накладка снятой мѣстности на планъ производится въ слѣдующемъ порядкѣ. Наносятся сперва окружная межа въ уменьшенномъ видѣ; 1-я линія AB наносится по странамъ свѣта; затѣмъ накладываются слѣдующія стороны BC , CD и т. д. съ соблюденіемъ угловъ поворотовъ. Планъ располагается по странамъ свѣта слѣдующимъ образомъ: сѣверъ считается вверху, югъ—внизу, востокъ—направо, западъ—налѣво. Послѣ накладки окружной межи наносятся подробности по линіямъ, измѣреннымъ при съемкѣ; напр., ручей наносится слѣдующимъ образомъ: откладывается на планѣ на CD длины Cf , Cm , Cm_1 , на DE —длины Dm_2 , Dm_3 , . . . и въ точкахъ m , m_1 , m_2 , . . . возставляемъ перпендикуляры къ линіямъ CD и DE и откладываемъ длину перпендикуляровъ; затѣмъ вершины ихъ соединяемъ волнистой линіей.

Изъ разсмотрѣннаго примѣра мы видимъ, что при съемкѣ приходится производить на мѣстности слѣдующія дѣйствія: 1) измѣрять линіи, 2) опредѣлять направленіе линій относительно странъ свѣта, 3) измѣрять углы, 4) проводить перпендикулярныя линіи. Для 2, 3 и 4 дѣйствія существуютъ особые инструменты, которые будутъ разсмотрѣны нами въ дальнѣйшемъ; но дѣйствія эти могутъ быть выполнены, хотя и съ меньшей точностью, пользуясь лишь одной цѣпью (лентой) и вѣхами безъ другихъ инструментовъ.

Въ слѣдующемъ § изложено производство разсматриваемыхъ дѣйствій цѣпью въ видѣ задачъ.

§ 30. Съемка угловъ, проведеніе перпендикулярныхъ линій цѣпью (лентой), а также опредѣленіе направленія линій относительно странъ свѣта.

Задача 1. Снять уголь цѣпью. Чтобы снять уголь ABC на мѣстности (чер. 58), отмѣримъ на сторонахъ его отъ вершины по нѣсколькимъ шагамъ напр. $Ba=6$ с. и $Bd=10$ с. (можно—поровну, если только нѣтъ препятствій); затѣмъ измѣримъ длину ad . Этихъ трехъ линій достаточно для



Чер. 58.

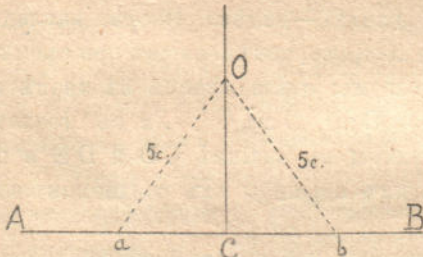
ный, либо смежный съ угломъ АВС.



Чер. 59.

опредѣленія угла, такъ какъ мы можемъ на планѣ по этимъ тремъ линіямъ построить въ уменьшенномъ видѣ треугольникъ напр. принимая 1 дюймъ на бумагѣ за 1 саж. на мѣстности; тогда и получится на бумагѣ искомый уголъ. Если линію ad нельзя измѣрить на мѣстности влѣдствіе препятствій, то продолжаемъ обѣ или одну сторону угла на мѣстности по другую сторону отъ вершины и снимаемъ уголъ вертикаль-

Если снимаемый уголъ тупой и близокъ къ двумъ прямымъ (угламъ), то слѣдуетъ снять смежный съ нимъ острый уголъ, такъ какъ построеніе на бумагѣ тупоугольного треугольника не можетъ быть точно сдѣлано (чер. 59), а именно точка пересѣченія дугъ mn и pr не можетъ быть нанесена достаточно точно.



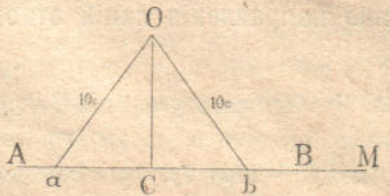
Чер. 60.

Задача 2. Возставить цѣпью перпендикуляръ къ линіи АВ на мѣстности въ точкѣ С (чер. 60).

Отложимъ по линіи АВ въ обѣ стороны отъ точки С равныя разстоянія Са и Сб, сажени по 3; въ точкахъ а и б укрѣпляемъ концы цѣпи; затѣмъ цѣпь натягиваемъ за середину ея О такъ, чтобы части

ея Оа и Об образовали прямыя линіи; тогда Δ -къ aOb будетъ равнобедренный, линія же ОС, какъ соединяющая его вершину съ серединой основанія, будетъ высотой этого Δ -ка; такимъ образомъ СО и будетъ искомымъ перпендикуляромъ; остается поставить въ точкахъ С и О вѣхи и продолжить линію СО на требуемое разстояніе.

Задача 3. Опустить цѣпью перпендикуляръ изъ точки О (чер. 61) на прямую АВ, если разстояніе отъ точки О до линіи АВ меньше

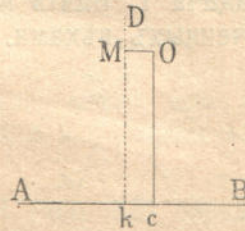


Чер. 61.

10 саж. Укрѣпляемъ въ точкѣ О конецъ цѣпи и натягиваемъ цѣпь за другой конецъ ея и перемѣщаемъ этотъ конецъ, описывая дугу около точки О, пока мѣтеь второй человекъ, стоящій на линіи АВ гдѣ либо въ точкѣ М, не замѣтитъ, что конецъ цѣ-

ли попалъ на одну линію съ вѣхами въ точкахъ А и В. Такихъ положеній цѣпи будетъ два—Оа и Оb. Замѣтимъ на мѣстности точки а и b; разстояніе между ними раздѣлимъ пополамъ въ точкѣ С; тогда линія С О будетъ перпендикулярна къ АВ, такъ какъ линія С О проходитъ черезъ вершину Δ -ка а Оb и середину его основанія.

Задача 4. Рѣшить предыдущую задачу, если разстояніе точки О отъ линіи АВ больше 10-ти сажень. Находимъ сперва подошву перпендикуляра на глазъ; положимъ мы выбрали точку k (чер. 62). Затѣмъ въ точкѣ k возстаемъ цѣпью перпендикуляръ къ линіи АВ (задача 2); если продолженіе его пройдетъ черезъ точку О, то задача 4 рѣшена; если же онъ займетъ положеніе kD, то опустимъ перпендикуляръ ОМ изъ точки О на линію kD, причѣмъ предполагаемъ, что длина ОМ меньше 10 с. (всегда можно достигнуть, чтобы ОМ было менѣе 10-ти саж., если не сразу, то—приближаясь). Далѣе: измѣримъ ОМ и отложимъ по линіи АВ отъ точки k длину kс=ОМ; тогда и получимъ искомую подошву с перпендикуляра, такъ какъ О с \parallel kD.



Чер. 62.

Такимъ образомъ при съемкѣ мѣстности можно цѣпью снимать углы и проводить перпендикулярныя линіи.

Что касается положенія линій снимаемаго участка относительно странъ свѣта, то приблизительно оно можетъ быть опредѣлено на основаніи тѣни, отбрасываемой вертикальнымъ шестомъ въ полдень. Дѣйствительно, направленіе этой тѣни даетъ намъ направленіе полуденной линіи, т. е. линіи, соединяющей на мѣстности точки сѣвера и юга, или иначе направленіе меридіана мѣста. Продолживъ линію, которую даетъ направленіе тѣни, до встрѣчи съ какой либо линіей на мѣстности, мы можемъ измѣрить цѣпью уголъ между ними, а этого будетъ достаточно для расположенія плана по странамъ свѣта.

§ 31. Съемка цѣпью (лентой) обходомъ и треугольниками. При съемкѣ цѣпью различаются 2 приѣма: 1) обходъ снимаемой фигуры, т. е. измѣреніе сторонъ и угловъ ея и съемка подробностей перпендикулярами; 2) способъ треугольниковъ; при этомъ 2-мъ способѣ мы опредѣляемъ положеніе какой либо точки, какъ вершины треугольника, котораго всѣ три стороны измѣрены. На чертежѣ 57 дворъ могъ быть снятъ съ помощью двухъ такихъ треугольниковъ. Точно также берегъ ручья можно бы снимать треугольниками: напр., чтобы снять точку r_4 , возьмемъ на ED нѣкоторую длину ху, причѣмъ измѣримъ и разстояніе Ех; затѣмъ измѣримъ разстоянія r_4 х и r_4 у; тогда точка r_4 опредѣлится на планѣ, какъ вершина треугольника х r_4 у, построеннаго въ уменьшенномъ видѣ по трѣмъ сторонамъ.

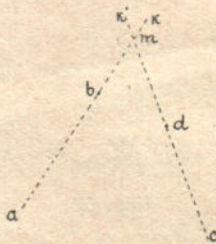
Способъ обхода употребляется при съемкѣ пространствъ, внутри закрытыхъ, либо представляющихъ препятствія для измѣренія. Способъ треугольниковъ применимъ при съемкѣ точекъ въ открытых мѣстахъ.

Относительно опусканія и возстановленія перпендикуляровъ при съемкѣ подробностей мѣстности нужно замѣтить, что короткіе перпендикуляры, болѣе 10 сажень, проводятся на глазъ, если только снимаемая подробность не требуетъ большой точности работы по какимъ либо причинамъ.

§ 32. Задачи, рѣшаемыя на мѣстности съ помощью цѣпи (ленты) и вѣхъ *). Четыре задачи приведены въ § 30.

Разсмотримъ еще слѣдующія.

Задача 1. Найти на мѣстности точку пересѣченія двухъ линій обозначенныхъ вѣхами. Пусть a и b (чер. 63)—двѣ вѣхи одной линіи



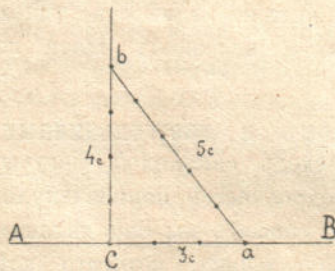
Чер. 63.

c и d —другой, причемъ искомая точка пересѣченія m лежитъ на продолженіи линіи ab и cd . Чтобы найти точку m , съемщикъ идетъ съ вѣхой, напр., по линіи ab —въ сторону предполагаемой точки пересѣченія—до тѣхъ поръ, пока не дойдетъ до створъ вѣхъ c и d ; тогда онъ поточнѣе устанавливаетъ вѣху m , отходя для повѣрки на

нѣсколько шаговъ къ точкамъ k и k' ; при этомъ—если придется вѣху m переставлять, то нужно это дѣлать либо по направленію линіи ab , либо по cd . Здѣсь можетъ работать и одинъ человекъ; но искомая точка будетъ получена скорѣе, если съемщикъ будетъ съ вѣхой передвигаться по линіи ab , а второй рабочей будетъ слѣдить, чтобы вѣха m не сошла съ линіи cd .

Если бы точка пересѣченія линій лежала не на ихъ продолженіи, а между концами линій, то найти точку пересѣченія также не трудно, постепенно провѣряя устанавливаемую вѣху по направленію одной и другой линіи.

Задача 2. Возстановить цѣпью перпендикуляръ къ линіи AB (чер. 64) въ точкѣ C . (Рѣшимъ задачу способомъ



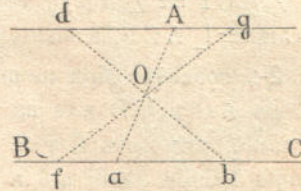
Чер. 64.

отличнымъ отъ приведеннаго въ § 30). Отложимъ $Ca=3$ с.; закрѣпимъ конецъ цѣпи въ точкѣ C , а конецъ 9-й с. въ точкѣ a и натягиваемъ цѣпъ руками за конецъ 4-й сажени. Тогда девять сажень ея расположатся по линіи Ca , причемъ $Cb=4$ саж., $ba=5$ саж. Слѣдовательно $\triangle Cba$ имѣетъ стороны: 3, 4 и 5 саж.; онъ будетъ прямоугольный, такъ какъ $5^2=3^2+4^2$ (квадратъ

одной стороны равенъ суммѣ квадратовъ другихъ сторонъ). Въ точкѣ C будетъ прямой уголъ и линія Cb есть искомый перпендикуляръ. Поставивъ вѣхи въ точкахъ C и b , можемъ линію Cb продолжить, на сколько нужно.

*) Задачи 2, 4 (1-ой способъ), 5 (2-ой способъ) могутъ быть оставлены до прохожденія учащимися отдѣла пропорціональныхъ линій въ курсѣ геометріи.

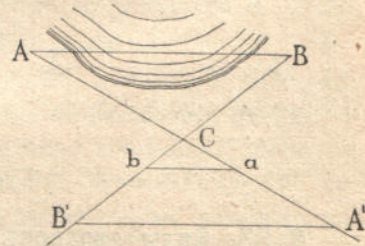
Задача 3. Провести через точку A (чер. 65) линию параллельную данной прямой BC . Измѣряемъ произвольную линию Aa , проведенную отъ точки A къ какой либо точкѣ a линии BC , и находимъ ея середину O . Затѣмъ проводимъ черезъ точку O произвольную линию Ob до точки b , лежащей на прямой BC ; измѣряемъ длину Ob и продолжаемъ ее на разстояніе Od , равное Ob . Тогда прямая, проходящая черезъ A и d , будетъ параллельна BC . Дѣйствительно, $\triangle AOd = \triangle aOb$ (по двумъ сторонамъ и углу между ними). Слѣдовательно $\perp OAd = \perp Oab$, а такъ какъ это углы накрестъ лежащіе, то $Ad \parallel BC$. Для повѣрки можно еще провести прямую Of и отложить $Og = Of$; тогда точки d, A и g должны лежать на одной прямой.



Чер. 65.

Задача 4. Опредѣлить длину линии AB (чер. 66), середина которой недоступна.

1-й способъ. Выбравъ удобно для измѣреній точку C , измѣряемъ линіи CA и CB , продолжаемъ вѣхами эти линіи за точку C и отложимъ $CA' = CA$ и $CB' = CB$; тогда $\triangle CA_1B_1 = \triangle CAB$ (по двумъ сторонамъ и углу между ними); а потому линія $A_1B_1 = AB$. Остается измѣрить линію A_1B_1 .

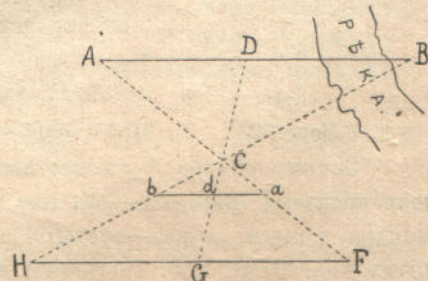


Чер. 66.

2-й способъ. Отложимъ отъ точки C на линіяхъ CA и CB или на ихъ продолженіяхъ какія либо одинаковыя доли этихъ линій, напримѣръ половины ихъ, трети доли и т. д.; пусть мы отложили $Ca = \frac{1}{3} CA$ и $Cb = \frac{1}{3} CB$. Тогда $\triangle Cab$ подобенъ $\triangle CAB$, такъ какъ $\frac{Ca}{CA} = \frac{Cb}{CB}$ и углы при точкѣ C равны. Отсюда слѣдуетъ, что $\frac{ab}{AB} = \frac{Ca}{CA} = \frac{1}{3}$, т. е. ab составляетъ $\frac{1}{3}$ линіи AB . Остается измѣрить линію ab и найденную длину увеличить втрое.

Задача 5. Опредѣлить длину линіи AB (чер. 67), одинъ конецъ которой недоступенъ.

1-й способъ. На AB беремъ въ доступномъ мѣстѣ точку D и въ сторонѣ на удобномъ для измѣреній мѣстѣ—точку C ; измѣряемъ линіи AC и DC и откладываемъ ихъ длину на продолженіяхъ тѣхъ же линій за точку C , такъ что $CF = CA$ и $CG = CD$. Если теперь провѣшимъ двѣ

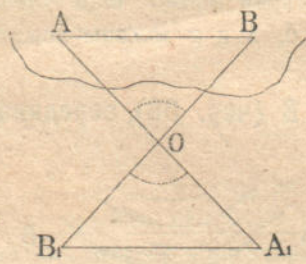


Чер. 67.

линіи—одну по направленію BC , а другую по направленію FG и найдемъ точку ихъ пересѣченія H (задача 1), то длина FN будетъ равна недоступной линіи AB . Дѣйствительно $\triangle CFG = \triangle CAD$ (по двумъ сторонамъ и углу между ними); отсюда слѣдуетъ, что $\angle F = \angle A$. Теперь легко видѣть, что $\triangle HCF = \triangle ABC$, такъ какъ $CF = AC$ по отложенію, $\angle F = \angle A$, $\angle FCH = \angle ACB$, а потому $FN = AB$. Измѣривъ FN , получимъ длину AB .

2-й способъ. Можно подобно тому, какъ въ предыдущей задачѣ, отложить на AC и CD или на ихъ продолженіяхъ одинаковыя доли этихъ линій, напр., отложить $Ca = \frac{1}{3} CA$ и $Cd = \frac{1}{3} CD$. Тогда найдя точку на пересѣченіи линій ad и BC , получимъ подобно тому, какъ въ задачѣ, что $AB = 3ab$.

Задача 6. Опредѣлить длину линіи AB (чер. 68), недоступную на всемъ ея протяженіи. Выбравъ удобную точку O , опредѣлимъ по предыдущему разстоянія OA и OB : одинъ конецъ у каждаго изъ нихъ недоступенъ. Отложимъ затѣмъ отъ точки O на продолженіяхъ этихъ линій ихъ длину до точекъ A' и B' , такъ что $OA' = OA$ и $OB' = OB$; тогда измѣряемъ длину $A'B'$, которая будетъ равна AB вслѣдствіе равенства треугольниковъ.

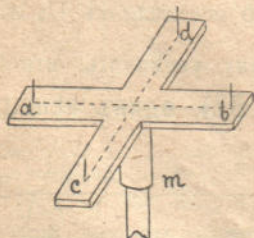


Чер. 68.

Глава 5. Энкера.

§ 33. Виды энкеровъ съ діоптрами. Энкерами называются приборы, служащіе для проведенія на мѣстности перпендикулярныхъ линій. Замѣтимъ при этомъ, что мы тогда будемъ называть линіи мѣстности взаимно перпендикулярными, когда вертикальныя плоскости, черезъ нихъ проходящія, т. е. ихъ пролагающія плоскости, будутъ взаимно перпендикулярны.

Простѣйшій энкеръ, хотя малоупотребительный, есть крестообразный (чер. 69); онъ состоитъ изъ двухъ металлическихъ или деревянныхъ брусковъ, соединенныхъ между собой подъ прямымъ угломъ въ видѣ креста. На всѣхъ 4-хъ концахъ его имѣются шпеньки (стальные) a, b, c, d , стоящіе перпендикулярно къ плоскости брусковъ; шпеньки a и b должны лежать въ одной плоскости, также и шпеньки c и d , причемъ обѣ плоскости должны быть взаимно перпендикулярны; по направленію этихъ плоскостей и ставятся вѣхи на мѣстности.



Чер. 69.

Затѣмъ энкера бываютъ: восьмигранный, цилиндрической, конической и шарообразный (чер. 70—73); они имѣютъ видъ—восьмигранной призмы, цилиндра, конуса, шара,—пустыхъ внутри. Шпеньки въ нихъ замѣнены особыми прорѣзами, наз. діоптрами; діоптры здѣсь двоякіе: 1) имѣющіе видъ

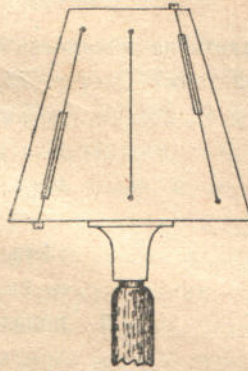
кихъ прямыхъ щелей; къ нимъ приставляется глазъ во время работы, и наз. глазными; 2) имѣющіе видъ болѣе широкихъ оконъ, вдоль которыхъ



Чер. 70.



Чер. 71.



Чер. 72.



Чер. 73.

в срединѣ протянуть конскій волосъ чернаго цвѣта; эти діоптры входятся противъ первыхъ на другой сторонѣ эккера и обращаются къ предмету (къ вѣхамъ); они наз. предметными. Иногда и глазной и предметный діоптры дѣлаются одинаково въ видѣ узкой щели.

Плоскость, проходящая черезъ прорѣзъ глазного діоптра и волосокъ соответствующаго ему предметнаго, наз. коллимаціонной плоскостью діоптровъ: при работѣ эккеромъ эта плоскость стоитъ вертикально; перпендикулярно къ ней и тоже вертикально (при работѣ) стоитъ коллим. плоскость другой пары діоптровъ; это тѣ плоскости по направленію которыхъ мы смотримъ въ эккеры, напримѣръ, на вѣху или, какъ говорятъ, визируемъ на вѣху при проведеніи перпендикуляровъ на мѣстности. Кромѣ указанныхъ двухъ главныхъ паръ діоптровъ въ эккерахъ бываютъ еще 2 пары діоптровъ, коллимаціонныя плоскости которыхъ дѣлать прямые углы между главными плоскостями пополамъ; эти дополнительные діоптры употребляются при проведеніи на мѣстности линий подъ углами въ 45° или въ $135^\circ (= 90^\circ + 45^\circ)$.

Замѣтимъ еще, что діоптры въ рассматриваемыхъ эккерахъ дѣлаются двойными, т. е. верхняя часть *g* (чер. 70) представляетъ изъ себя предметный діоптръ, а нижняя *h*—глазной; на противоположной сторонѣ эккера діоптры расположены иначе: вверху глазной, а внизу предметный. Такимъ образомъ, мы имѣемъ здѣсь одну надъ другой 2 пары діоптровъ, направленныхъ къ тому, чтобы можно было смотрѣть по двумъ противоположнымъ направленіямъ, не поворачивая эккера; коллимаціонныя плоскости этихъ паръ діоптровъ, т. е. верхнихъ и нижнихъ должны совпадать. Въ шарообразномъ эккере мы можемъ безразлично смотрѣть по однимъ и другимъ шпенькамъ въ обѣ стороны.

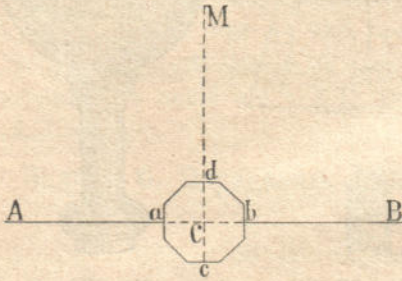
Внизу этихъ эккеровъ устраивается втулка для надѣванія на коль.

Эккеръ шарообразный удобенъ для употребленія въ гористыхъ мѣ-

стахъ, такъ какъ онъ позволяетъ смотрѣть по направленію линій, съ наклонныхъ къ горизонту.

§ 34. Употребленіе эккера при возстановленіи и опусканіи перпендикуляровъ.

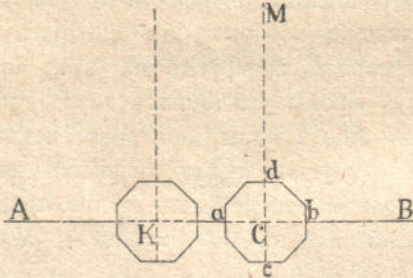
1. Чтобы возставить на мѣстности эккеромъ перпендикуляръ къ линіи АВ въ данной на ней точкѣ С (чер. 74), ставимъ колъ съ эккеромъ (въ восьмигранномъ) вертикально въ точкѣ С и наводимъ коллимац. плоскость одной пары діоптровъ по данной линіи АВ; а для этого поворачиваемъ эккеръ на колѣ до тѣхъ поръ, пока, глядя напр. въ діоптръ а, не замѣтимъ, что волосокъ діоптра попадетъ на ось вѣхи В; затѣмъ переходимъ къ діоптру с и, глядя въ него, выставляемъ вѣху по волоску діоптра d, напр. въ точкѣ М; такимъ образомъ



Чер. 74.

вѣха М ставится въ коллимац. плоскости 2-й пары діоптровъ. Такъ какъ плоскости діоптровъ взаимно перпендикулярны, то и линія $CM \perp AB$.

2. Чтобы опустить перпендикуляръ изъ данной вѣшной точки М на линію АВ (чер. 75), идемъ съ эккеромъ по линіи АВ и ищемъ подошву перпендикуляра, дѣлая попытки. Для этого беремъ сперва подошву на глазъ въ такой точкѣ К, чтобы стоя въ этой точкѣ и вытянувъ обѣ руки въ стороны къ вѣхамъ А и В, мы увидѣли данную вѣху М какъ разъ впереди себя. Затѣмъ провѣряемъ эккеромъ, будетъ ли точка К подошвой перпендикуляра: для этого поставивъ въ точкѣ К эккеръ и наведя одну пару діоптровъ по линіи АВ, смотримъ, попадаетъ ли вторая пара діоптровъ на вѣху М. Если попадаетъ, то перпендикуляръ готовъ. Если же точка К окажется вправо отъ плоскости діоптровъ (какъ на чер. 75), то передвигаемъ эккеръ вправо по линіи АВ въ новую точку. Здѣсь вновь наводимъ одну пару діоптровъ по линіи АВ, а въ другую провѣряемъ, попадаетъ ли волосокъ діоптра d на вѣху М. После нѣсколькихъ попытокъ найдемъ достаточно точно подошву С искомага перпендикуляра.



Чер. 75.

При этой работѣ нужно принимать мѣры, чтобы не сбиться съ линіи АВ при перемѣщеніи по ней, такъ какъ линія АВ никакимъ слѣдомъ на всей длинѣ обыкновенно не обозначена, а намѣчены лишь концы ея. Для этого отдѣльный рабочій, стоя за точкой А или точкой В слѣдуетъ, чтобы колъ эккера не вышелъ изъ створа вѣхъ А и В. Съемщикъ можетъ самъ устанавливать себя на линіи АВ двумя способами: 1) либо выставивъ

сначала по вѣхамъ А и В еще вѣху за ними на той же линіи, напр. за точкой В; затѣмъ онъ по этой новой вѣхѣ и вѣхѣ В будетъ устанавливать колъ эккера на линіи АВ; 2) либо можетъ, наведя плоскость діоптровъ на вѣху А, провѣрять, попадаетъ ли одновременно та же плоскость на вѣху В, если смотрѣть со стороны діоптра а.

Мы видимъ, что опусканіе перпендикуляра изъ данной вышней точки на линію требуетъ гораздо больше времени, нежели предыдущій случай, т. е. выставленіе перпендикуляра къ линіи въ данной на ней точкѣ.

§ 35. Повѣрки эккеровъ съ діоптрами. Передъ употребленіемъ эккеръ долженъ быть вывѣренъ. Прежде всего обращаемъ вниманіе на то, точно ли прилегаютъ втулка эккера къ верхнему конусу кола, или иначе говоря, не шатается ли эккеръ на колѣ: если эккеръ слегка шатается и нѣтъ возможности на работѣ немедленно пригнать колъ къ втулкѣ, то можно обернуть верхній конусъ кола бумажкой. Затѣмъ смотримъ, хорошо ли натянуты волоски, т. е. образуетъ ли каждый прямую линію: ослабѣвшій волосокъ вытягивается закрѣпительнымъ винтикомъ или легко замѣняется новымъ съемщикомъ,—равно какъ и оборванный волосокъ. Послѣ этого выполняемъ слѣдующія повѣрки эккера съ діоптрами.

1. Коллимаціонныя плоскости верхней и нижней пары діоптровъ должны совпадать. Въ противномъ случаѣ нельзя было бы смотрѣть точно на двумъ противоположнымъ направленіямъ. Повѣрка эта можетъ быть выполнена двумя способами.

1-й способъ. Ставимъ эккеръ на мѣстности и выставляемъ вѣху по верхнимъ діоптрамъ саженьяхъ въ 10-ти; затѣмъ переходимъ на другую сторону эккера и выставляемъ такъ же вѣху по нижнимъ діоптрамъ въ противоположномъ направленіи. Потомъ, зайдя съ конца полученной линіи, смотримъ, стоятъ ли выставленные вѣхи и колъ эккера на одной прямой линіи.

2-й способъ. Выставляемъ сперва на мѣстности подобно предыдущему по верхнимъ и нижнимъ діоптрамъ эккера по вѣхѣ въ противоположныхъ направленіяхъ; затѣмъ поворачиваемъ эккеръ на колѣ на $\frac{1}{2}$ оборота и наводимъ одну пару разсматриваемыхъ діоптровъ опять на одну изъ выставленныхъ вѣхъ: если при этомъ и 2-ая пара діоптровъ попадетъ на ту же вѣху, то требуемое условіе выполнено. Дѣйствительно, если бы верхняя и нижняя коллимаціонныя плоскости не совпадали, а образовали уголъ, заключающійся отъ 180° , то послѣ вращенія на $\frac{1}{2}$ оборота стороны этого угла не могли бы совпасть съ вѣхами.

2. Ось втулки эккера (ось вращенія) должна своимъ продолженіемъ совпадать съ осью самого эккера, т. е. съ линіей соединенія коллимаціонныхъ плоскостей діоптровъ. Для повѣрки устанавливаемъ колъ съ эккеромъ прочно на землѣ приблизительно горизонтально и выставляемъ по волоскамъ діоптровъ 2 вѣхи такъ, какъ бы образовался прямой уголъ на мѣстности, наблюдая, чтобы вѣхи стояли точно по

волоскамъ или параллельно волоскамъ. Затѣмъ вращаемъ эккеръ на колѣ на $\frac{1}{2}$ оборота; если послѣ этого волоски діоптровъ пойдутъ опять по вѣхамъ, то требуемое условіе 2 выполнено въ эккерѣ. Если же послѣ вращенія волоски діоптровъ не покроютъ вѣхъ по всей длинѣ, а пересѣкутъ ихъ (станутъ наклонно къ вѣхамъ), то ось эккера и ось втулки не совпадаютъ и въ мѣстѣ соединенія втулки съ эккеромъ имѣется переломъ линіи.

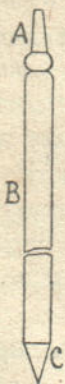


Чер. 76.

могло случиться напр. отъ удара эккера при паденіи. Для поясненія этого способа повѣрки замѣтимъ слѣдующее. Если ось f втулки (чер. 76) образуетъ уголъ съ осью k эккера, то послѣ вращенія эккера на $\frac{1}{2}$ оборота на колѣ около оси f ось k займетъ положеніе k' (если она была вертикальна, то станетъ наклонна). Въ такомъ случаѣ и коллимац. плоскости діоптровъ для которыхъ ось k служитъ линіей пересѣченія, выклонятся и не покроютъ выставленныхъ по волоскамъ (до вращенія эккера) вѣхъ, а станутъ къ нимъ наклонно. Если же оси f и k образуютъ прямую линію, то вращеніе эккера на $\frac{1}{2}$ оборота около оси f не нарушитъ положенія оси k , а слѣдоват. и положенія плоскостей діоптровъ.

Чтобы при выполненіи этой повѣрки быть увѣреннымъ, что при вращеніи эккера на $\frac{1}{2}$ оборота колѣ его не потревоженъ (не наклоненъ), можно при началѣ повѣрки установить колѣ вертикально по отвѣсу и затѣмъ послѣ вращенія эккера на $\frac{1}{2}$ оборота опять повѣрить колѣ отвѣсомъ.

3. Колѣ эккера долженъ быть правильно выточенъ, т. е. всѣ его части А, В и С (чер. 77) должны имѣть одну ось вращенія.



Чер. 77.

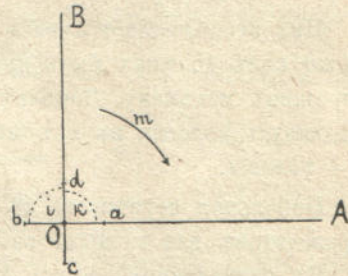
Чтобы узнать, совпадаютъ ли оси въ частяхъ А и В кола, установимъ колѣ эккера (т. е. среднюю часть его) вертикально по отвѣсу; тогда въ случаѣ вѣрнаго кола и часть А будетъ вертикальна, а съ нею и ось втулки надѣтаго на колѣ эккера; кроме того и коллимаціонныя плоскости діоптровъ станутъ вертикальными такъ какъ втулка уже согласована съ діоптрами (см. повѣрку 2). Такимъ образомъ для повѣрки нужно, установивъ колѣ вертикально, посмотреть, вертикальны ли діоптры,—т. е. покроетъ ли волосокъ діоптра нить отвѣса или вертикально выставленную вѣху.

Нижняя коническая часть С кола должна имѣть одну ось со средней частью—для удобства втыканія кола въ землю; повѣряется это на глазъ.

Хорошій колѣ долженъ быть выточенъ изъ сухого дерева.

4. Коллимаціонныя плоскости діоптровъ, служація для проведенія перпендикулярныхъ линій, должны пересѣкаться точно подъ прямымъ угломъ. Повѣряется это слѣдующимъ образомъ. Ставимъ эккеръ

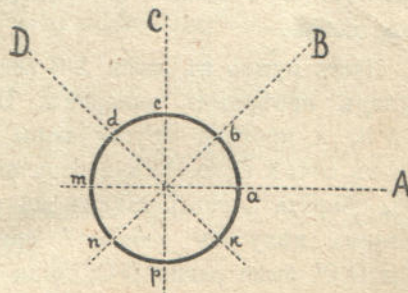
вертикально въ точкѣ О (чер. 78) и выставляемъ 2 вѣхи А и В по направлению коллимац. плоскостей діоптровъ ba и cd , какъ будто строимъ на мѣстности прямой уголъ. Затѣмъ поворачиваемъ эеккеръ на колѣ на $\frac{1}{4}$ оборота (напр. по стрѣлкѣ) и наводимъ одну пару діоптровъ cd на вѣху А; если при этомъ 2-я пара діоптровъ ab попадетъ на вѣху В, то эеккеръ вѣренъ. Дѣйствительно мы этимъ способомъ совмѣщаемъ два смежныхъ угла k и i , съ однимъ и тѣмъ же угломъ AOB мѣстности, и если стороны ba и cd пройдутъ черезъ тѣ же точки А и В, то эти углы равны, а въ такомъ случаѣ они прямые.



Чер. 78.

При этомъ способѣ повѣрки предполагается, что діоптры въ эеккерѣ двойные (т. е. имѣются верхніе и нижніе), такъ что можно смотрѣть и по направлению отъ b къ a (чер. 78) и по направлению отъ a къ b —(послѣ поворачиванія эеккера на $\frac{1}{4}$ оборота). Если же діоптры не двойные, то повѣрка несколько мѣняется, именно: ставимъ эеккеръ точно на прямой линіи между двумя вѣхами А и В (чер. 74); для этого можно поставить сперва по линіи А вѣхи и на мѣсто средней вѣхи С поставить эеккеръ; далѣе наводимъ одну пару діоптровъ ba на одну изъ крайнихъ вѣхъ, напр. на вѣху А, а на другой парѣ cd выставляемъ новую вѣху М такъ, какъ строится прямой уголъ АСМ на мѣстности (Глазные діоптры b и c .) Затѣмъ вращаемъ эеккеръ на колѣ на $\frac{1}{4}$ оборота и наводимъ одну пару діоптровъ cd на вѣху В,—тогда 2-ая пара ba должна попасть на вѣху М. Въ этомъ способѣ повѣрки мы совмѣщаемъ одинъ и тотъ же уголъ aCd эеккера съ двумя смежными углами АСМ и ВСМ на мѣстности, и если они совмѣстятся, то углы, полученные на мѣстности, равны, а потому они прямые; слѣдовательно и въ эеккерѣ уголъ прямой.

Если (чер. 79) кромѣ двухъ взаимно перпендикулярныхъ плоскостей діоптровъ am и cr въ эеккерѣ имѣются еще 2 плоскости діоптровъ nb и kd , наклонныя къ первымъ подъ угломъ въ 45° , то для повѣрки ихъ выставляемъ по діоптрамъ четыре вѣхи А, В, С, D; затѣмъ вращаемъ эеккеръ на колѣ на $\frac{1}{8}$ оборота, т. е. переводимъ плоскость діоптровъ nb съ вѣхи В на вѣху А; если при этомъ 3 другія плоскости діоптровъ rc , kd , am попадутъ со своихъ вѣхъ на сосѣднія вѣхи, т. е. на вѣхи В, С и D, то всѣ углы между плоскостями діоптровъ прямые, а потому каждый изъ нихъ равенъ 45° .



Чер. 79.

Главная изъ описанныхъ повѣрокъ есть 4-ая, особенно въ первой части.

Повѣрки крестообразнаго эккера подобны повѣркамъ, указаннымъ въ предыдущемъ параграфѣ, и эскеровъ съ діоптрами.

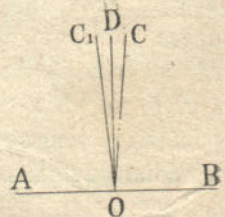
При несоблюденіи одного изъ перечисленныхъ 4-хъ условій эскера или же коль долженъ быть признанъ негоднымъ для хорошей работы и возвращенъ механику. Впрочемъ—иногда удается съемщику самому слѣдующимъ образомъ передвинуть волоски въ ихъ мѣстахъ укрѣпленія и достигнуть удовлетворенія 4 условій.

Небольшія неточности въ эскерѣ допускаются, такъ какъ онъ вообще не рассчитанъ для точныхъ работъ.

Въ приведенномъ выше изложеніи повѣрокъ эскера таковыя разбиты на 4 отдѣльныя части, что удобно для объясненія этого вопроса начинающимъ. Но для ускоренія дѣла при работѣ можно произвести 1-ую повѣрку такъ, какъ рассказано выше, а затѣмъ производство остальныхъ повѣрокъ соединить вмѣстѣ, выполняя ихъ слѣдующимъ образомъ. Устанавливаемъ кольцо эскера вертикально (по отвѣсу) и выставляемъ вертикально же по отвѣсу двѣ вѣхи по двумъ главнымъ плоскостямъ діоптровъ такъ, какъ строится прямой уголъ на мѣстности. При этомъ обращаемъ вниманіе на то, совпадаютъ ли волоски діоптровъ съ вертикальными вѣхами по всей ихъ длине. Затѣмъ вращаемъ эскеръ на $\frac{1}{4}$ оборота, какъ это рассказано выше (при выполнении 4-й повѣрки), и въ то же время замѣчаемъ, совпадаютъ ли теперь волоски діоптровъ съ вѣхами по прежнему по всей ихъ длине. Если окажется, что все это оправдалось, т. е. волоски обоихъ паръ діоптровъ до и послѣ поворота эскера на $\frac{1}{4}$ оборота совпадаютъ съ обѣими вертикально выставленными вѣхами по всей длине ихъ, то условія 2, 3 и 4 выполнены. (Но нужно замѣтить, что для повѣрки 2-го условія ошибка обнаружилась бы только при вращеніи на $\frac{1}{2}$ оборота, а не на $\frac{1}{4}$ оборота). Здѣсь мы не касались повѣрки діоптровъ для построенія угловъ въ 45° ; повѣрка ихъ производится какъ рассказано выше.

§ 36. Возстановленіе и опусканіе перпендикуляровъ невѣрнымъ эскеромъ, т. е. такимъ, котораго плоскости діоптровъ не перпендикулярны между собою.

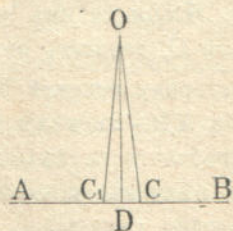
Пусть нужно къ линіи АВ (чер. 80) въ точкѣ О возстановить перпендикуляръ невѣрнымъ эскеромъ. Направляемъ одну пару діоптровъ по линіи АВ, а противъ другой пары выставляемъ вѣху въ точкѣ С; затѣмъ поворачиваемъ эскеръ на $\frac{1}{4}$ оборота и опять такимъ же образомъ выставляемъ вѣху въ точкѣ С' примѣрно такъ, чтобы О С' было равно О С; тогда уголъ С О В эскера придетъ въ положеніе С' О В. Мы получили два направленія для искомаго перпендикуляра; вѣрное же направленіе будетъ среднее между ними; для полученія его дѣлимъ пополамъ разстояніе С С' въ точкѣ D: тогда О D будетъ искомымъ перпендикуляръ.



Чер. 80.

Действительно углы DOA и DOB равны, как состоящие изъ равныхъ частей.

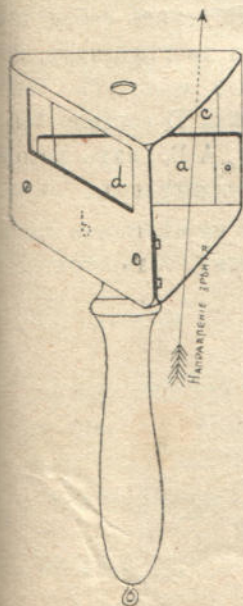
Чтобы опустить перпендикуляръ изъ точки O на линію AB (чер. 81) вѣрнымъ эккеромъ, идемъ съ эккеромъ по линіи AB и поступаемъ такъ, какъ и при опусканіи перпендикуляра вѣрнымъ эккеромъ. Пусть мы нашли подошву C ; затѣмъ поворачиваемъ эккеръ на $1/4$ оборота; тогда найдется такимъ же образомъ вторая подошва C' . Треугольникъ COC' равнобедренный, такъ какъ углы его C и C' равны подобно предыдущему, а потому вѣрная подошва D искомага перпендикуляра будетъ по срединѣ между точками C и C' .



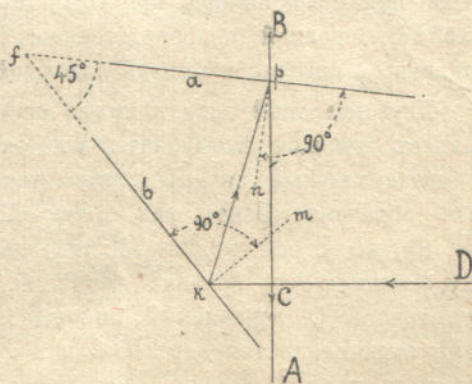
Чер. 81.

§ 37. Двухзеркальный эккеръ Адамса. Кромѣ эккеровъ съ діоптрами существуютъ эккера зеркальные или отражательные. Разсмотримъ здѣсь одинъ изъ нихъ наиболѣе употребительный, а именно двухзеркальный эккеръ Адамса. Онъ состоитъ изъ двухъ зеркалъ a и b (чер. 82), вставленныхъ въ оправу и наклоненныхъ одно къ другому подъ угломъ въ 45° ; надъ зеркалами или подъ ними вмѣются 2 окна c и d ; внизу эккера придѣлана небольшая ручка съ крючкомъ для отвѣса.

На чер. 83 показанъ разрѣзъ зеркалъ эккера горизонтальной плоскостью. Эккеръ Адамса имѣетъ то свойство, что лучъ Dk (чер. 83), идущій къ эккеру напр. отъ вѣхи D и попадающій на зеркало b , а отсюда на зеркало a , принимаетъ послѣ двухъ отраженій направленіе rc , перпендикулярное къ Dk . Поставивъ глазъ противъ луча rc , мы увидимъ въ зеркалѣ a изо-



Чер. 82.



Чер. 83.

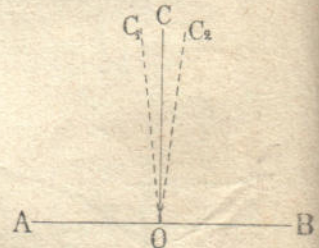
браженіе вѣхи D по направленію линіи C p, перпендикулярной къ D k. Такимъ образомъ въ эккерѣ мы всегда имѣемъ два взаимно перпендикулярныхъ направленія: отъ эккера къ предмету и къ его изображенію.

Чтобы такимъ эккеромъ возставить перпендикуляръ къ линіи A B въ точкѣ C, держимъ эккеръ надъ этой точкой, повернувъ отверстие угла его въ сторону искомой вершины D перпендикуляра и ставъ лицомъ къ концу линіи A B—къ вѣхѣ B. Затѣмъ, смотря въ зеркало а, передвигаемъ знаками рабочаго съ вѣхой D до тѣхъ поръ, пока не замѣтимъ, что изображеніе этой вѣхи въ зеркалѣ а совпадаетъ по направленію съ вѣхой B, видимой простымъ глазомъ въ окно с (чер. 82); вѣхи будутъ какъ бы служить продолженіемъ одна другой—въ зеркалѣ и окнѣ. Тогда $DC \perp CB$, и D есть вершина искомага перпендикуляра.

Покажемъ, что дѣйствительно, если уголь между зеркалами $= 45^\circ$, то лучъ p c (дважды отраженный) будетъ перпендикуляренъ къ первоначальному лучу D k. Вообразимъ перпендикуляры k m и p n къ зеркаламъ въ точкахъ k и p. На основаніи того, что уголь паденія луча равенъ углу отраженія, имѣемъ: $\perp C k m = \perp m k p$ и $\perp C p n = \perp n p k$; далѣе—въ \triangle -кѣ k p f уголь f $= 45^\circ$, а потому сумма остальныхъ угловъ k и p $= 180^\circ - 45^\circ = 135^\circ$; вычтя эту сумму изъ суммы двухъ прямыхъ угловъ m k f и n p f, найдемъ сумму угловъ n p k и m k p; она выйдетъ равна 45° , а потому $\perp C p k + \perp C k p = 45^\circ \cdot 2 = 90^\circ$; теперь изъ \triangle -ка C k p видимъ, что $\perp C = 180^\circ - 90^\circ = 90^\circ$, что и требовалось доказать.

Чтобы опустить перпендикуляръ изъ точки D на прямую A B двузеркальнымъ эккеромъ, идутъ съ эккеромъ по линіи A B по направленію къ предполагаемой подошвѣ перпендикуляра, держа эккеръ передъ собою такъ чтобы зеркала его были обращены къ точкѣ D,—идутъ до тѣхъ поръ, пока не увидятъ въ зеркалѣ вѣху D. Тогда останавливаются и ищутъ болѣе точное положеніе эккера, при которомъ изображеніе вѣхи D совпало бы съ вѣхой B, видимой непосредственно; точка на линіи A B, надъ которой остановится эккеръ, и будетъ подошвой искомага перпендикуляра.

Двузеркальный эккеръ можно повѣрить, построивъ на мѣстности прямой уголь съ помощью вывѣреннаго уже эккера съ діоптрами. Самостоятельно же двузеркальный эккеръ повѣряется слѣдующимъ образомъ. Взявъ три точки A, O и B (чер. 84) на одной линіи (вѣхами), вынимаемъ вѣху, стоящую въ средней точкѣ O, держимъ надъ точкой O зеркальный эккеръ и возставляемъ имъ перпендикуляръ O C къ линіи O A, смотря на вѣху A; затѣмъ повернемся къ точкѣ B и посмотримъ, будетъ ли O C перпендикулярно и къ линіи O B, т. е. совпадаетъ ли изображеніе вѣхи C съ вѣхой B; если совпадаетъ, то эккеръ вѣренъ; въ противномъ случаѣ исправляемъ положеніе зеркала



Чер. 84.

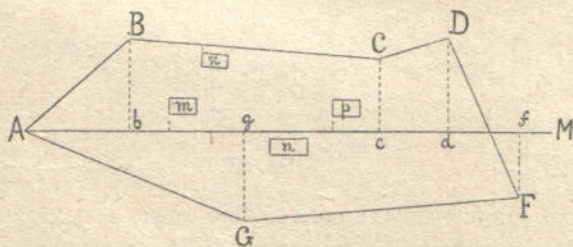
пока два перпендикуляра, возставленные въ точкѣ О къ линіи ОА и къ линіи ОВ, не совпадутъ. При этомъ исправленіи легко видѣть, что если перпендикуляры $ОС_1$ (къ линіи ОА) и $ОС_2$ (къ линіи ОВ) не дошли другъ къ другу, то уголъ между зеркалами слишкомъ малъ, и зеркала нужно раздвинуть; если же перпендикуляры перейдутъ за положеніе ОС, то зеркала нужно сблизить.

Преимущества зеркальнаго эккера передъ предыдущими эккерами слѣдующія: 1) зеркальнымъ эккеромъ можно быстрѣе проводить перпендикулярныя линіи, особенно при опусканіи перпендикуляра изъ вышней точки, 2) онъ легче, такъ какъ при немъ нѣтъ кола. Недостатокъ же его тотъ, что имъ невозможно проводить перпендикуляровъ въ мѣстахъ холмистыхъ или гористыхъ, такъ какъ вѣха не будетъ видна въ зеркалѣ; перестановкой ручки эккера на другую его сторону нельзя устранить этотъ недостатокъ при сильномъ наклонѣ мѣстности. Кромѣ того этотъ эккеръ, находясь въ рукѣ, а не на колѣ, не сохраняетъ точно разъ даннаго ему положенія, что иногда требуется при работѣ.

§ 38. Съемка эккеромъ. Эккеръ часто употребляется при съемкѣ; преимущественно онъ служитъ вспомогательнымъ приборомъ при съемкѣ мѣстности другими болѣе точными инструментами и употребляется для съемки подробностей перпендикулярами, какъ показано на чертежѣ 57.

При нивелировкѣ эккеръ служитъ для проведенія перпендикуляровъ къ главной оси, по которымъ производится нивелированіе мѣстности въ поперечномъ направленіи. Эккеръ можетъ служить и для самостоятельной съемки мѣстности, причемъ примѣняется одинъ изъ слѣдующихъ пріемовъ.

1. Положимъ, нужно снять какой либо замкнутый продолговатый многоугольникъ ABCDFG (чер. 85), открытый внутри и не представляющій

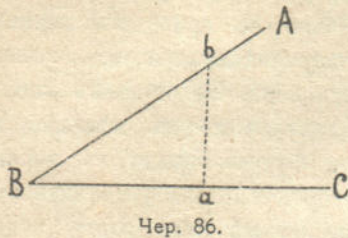


Чер. 85.

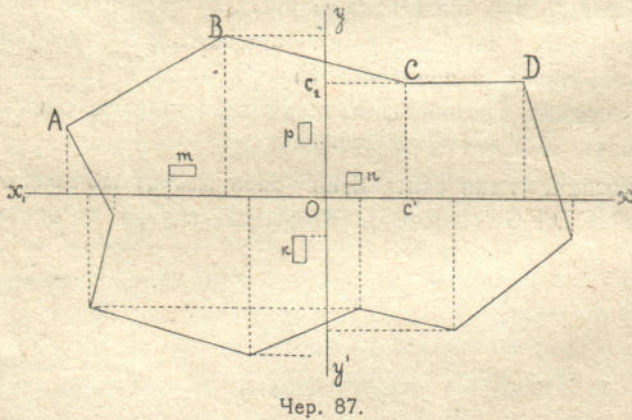
препятствій для измѣренія здѣсь. Тогда проведемъ магистраль АМ. Изъ точекъ В, С, D, F, G опустимъ на мѣстности перпендикуляры на линію АМ, измѣримъ разстоянія Ab , Ag , Ac . . . и соответствующіе имъ перпендикуляры; этихъ данныхъ будетъ достаточно для построенія на бумагѣ многоугольника въ уменьшенномъ видѣ: для повѣрки съемки измѣряемъ еще на мѣстности линіи АВ, ВС, СD и т. д. На планѣ эти линіи должны тоже выйти соответствующей длины; этимъ повѣряется накладка плана. Указанный способъ съемки называется способомъ координатъ. Если вблизи маги-

страли АМ и вблизи окружной межи АВС . . . имѣются какія либо подробности мѣстности *m*, *n*, *p*, *k*, то они снимаются посредствомъ перпендикуляровъ, опущенныхъ на магистраль и на стороны многоугольника.

2. Можно тотъ же многоугольникъ снять обходомъ, т. е. измѣрить все его стороны, а также снять углы поворотовъ. Съемка угловъ экеромъ дѣлается слѣдующимъ образомъ: въ точкѣ *a* (чер. 86), взятой на сторонѣ ВС въ разстояніи нѣсколькихъ саженъ отъ вершины угла, возставляемъ перпендикуляръ *ab* къ сторонѣ ВС до встрѣчи со стороной ВА въ точкѣ *b*, измѣряемъ длины Ва и *ab*, которыя служатъ катетами прямоугольнаго треугольника Вба; по этимъ линіямъ можетъ быть построенъ треугольникъ на бумагѣ въ уменьшенномъ видѣ, а потому и уголь В получится на планѣ. Если снимаемый уголь тупой, то снимаютъ его дополненіе до 180°, либо отъ даннаго угла отбѣкается сперва прямой уголь, а остальная часть снимается по предыдущему.



3. Способъ координатъ можетъ имѣть и иной видъ. Если нужно, напр., снять многоугольникъ АВСD . . . (чер. 87), то проведемъ на мѣстнос-



ти двѣ взаимно перпендикулярныя линіи xx_1 и yy_1 , называемыя осями координатъ. Тогда положеніе вершинъ многоугольника опредѣляется подобно 1-му случаю опусканіемъ перпендикуляровъ на ту ось, къ которой точка ближе; при этомъ измѣряются разстоянія всехъ подошвъ перпендикуляровъ отъ точки О и величины перпендикуляровъ. Если неудобно ходить по всемъ направленіямъ внутри многоугольника, что понадобилось бы при измѣреніи длинъ перпендикуляровъ, то положеніе точекъ опредѣляется иначе; именно—ходить при съемкѣ только по осямъ xx_1 и yy_1 и измѣряютъ разстоянія отъ точки О подошвъ перпендикуляровъ, опущенныхъ на обѣ оси, напр., для съемки точки С измѣряютъ Oc_1 и Oc_2 ; этихъ данныхъ достаточно для опредѣленія положенія точки С на планѣ. Подобно предыду-

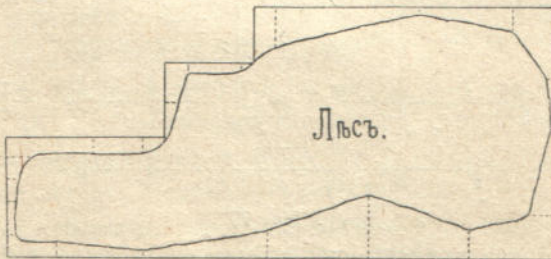
щему (1 случай) для повѣрки измѣряются разстоянія АВ, ВС, СD . . . Магистралы хх₁ и уу₁ стараются провести такъ, чтобы можно было снять близъ лежащія подробности мѣстности m, n, p, k. Если двухъ осей недостаточно, то проводятъ дальнѣйшія оси перпендикулярно къ первымъ. Иногда можетъ явиться необходимость провести оси подъ острымъ угломъ; тогда уголь между осями снимается напр. лентой и на оси опускаются перпендикуляры изъ точекъ мѣстности, какъ и раньше.

При съемкѣ подробностей на станціяхъ желѣзныхъ дорогъ принимаютъ за магистраль ось главнаго пути и счетъ разстояній по ней ведутъ отъ оси пассажирскаго зданія.

При съемкѣ мѣстности всегда нужно помнить, что сперва опредѣляютъ главнѣйшія точки и линіи, которыя могутъ и не представлять изъ себя никакихъ подробностей на мѣстности, а могутъ быть проведены нами единственно для съемки; таковы, напр., оси координатъ. Относительно ихъ опредѣляется положеніе слѣдующихъ точекъ и линій, меньшей важности; такими могутъ быть линіи АВ, ВС, СD . . . Наконецъ относительно этихъ послѣднихъ линій опредѣляется положеніе точекъ, представляющихъ болѣе мелкія подробности.

Кромѣ способа обхода, рассмотрѣннаго выше (2 случай), при съемкѣ эскеромъ контуровъ, закрытыхъ внутри, можно дѣлать обходъ еще такъ, что всѣ повороты происходятъ подъ прямыми углами, какъ показано на чер. 88. Здѣсь линіи обхода представляютъ магистралы для съемки контура.

Относительно абриса, который ведется при съемкѣ мѣстности, нужно замѣтить, что онъ долженъ вестись не слишкомъ мелко, по возможности отчетливѣе, чтобы могъ быть разобранный постороннимъ лицомъ. Если абрисъ ведется на нѣсколькихъ страницахъ (не умѣщается на одной страницѣ),



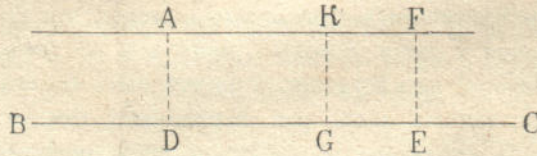
Чер. 88.

нужно надлежащимъ образомъ обозначать буквами или номерами точки, служащія для связи частей этого абриса. При измѣреніи по одной прямой линіи счетъ всѣхъ разстояній до разныхъ встрѣчающихся на ней подробностей ведется отъ начальной точки этой линіи. Абрисъ слѣдуетъ вести въ какомъ нибудь условномъ масштабѣ, напр. 5, 10, 20 . . . 100 саженъ въ мѣрѣ или другой единицѣ длины. Въ цѣляхъ соблюденія въ абрисѣ принятаго масштаба необходимо и углы прочерчивать по возможности соотвѣтствующи-

ми ихъ величинамъ на мѣстности. Въ цѣляхъ же удобопонятности абриса и полученія въ немъ возможно большаго подобія снимаемой мѣстности необходимо всѣ линіи располагать еще и по странамъ свѣта соотвѣтственно положенію ихъ на мѣстности. Резины слѣдуетъ избѣгать, а для этого линіи и углы на абрисѣ располагать обдуманно, чтобъ не пришлось ихъ считать.

§ 39. Задачи, рѣшаемыя эккеромъ. Съемка угла эккеромъ объяснена въ § 38. Разсмотримъ еще слѣдующія задачи.

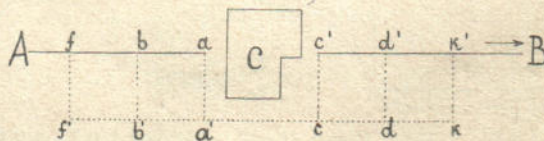
Задача 1. Провести черезъ данную точку **A** (чер. 89) линію параллельную данной линіи **BC**. Опустимъ изъ точки **A** перпендикуляръ **AD**



Чер. 89.

на линію **BC** и измѣримъ его длину. Затѣмъ въ какой либо точкѣ **E** возставимъ перпендикуляръ къ **BC** и отложимъ на немъ длину, равную **AD** до точки **F**. Тогда линія **AF** будетъ параллельна **BC**. Для повѣрки можемъ взять еще одну точку **G** (или болѣе), возставитъ въ ней перпендикуляръ къ **BC** и отложить на немъ длину, равную **AD**, до точки **K**. Тогда **A, F** и **K** должны образовать прямую линію.

Задача 2. Продолжить (провѣшить) линію **Aa** (чер. 90) при мѣстномъ препятствіи **C**. Для этого обойдемъ препятствіе съ помощью линіи, параллельной **Aa**, именно: въ точкахъ **a** и **b** возставляемъ эккеромъ перпендикуляры къ **Aa** и отложимъ на нихъ $aa' = bb'$, тогда $a'b' \parallel ab$. По точкамъ **a'** и **b'** провѣшимъ линію и въ точкахъ **c** и **d** ея возставимъ

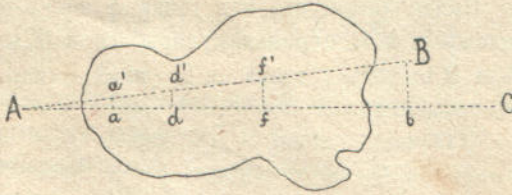


Чер. 90.

къ линіи **b'd** перпендикуляры, на которыхъ отложимъ $c'c = d'd = aa'$. Теперь по точкамъ **c'** и **d'** можемъ продолжить нашу линію по направленію стрѣлки. Для повѣрки можемъ возставитъ и болѣе двухъ перпендикуляровъ въ точкахъ линіи **Aa** и линіи **b'd**, напр.—3 перпендикуляра, какъ на нашемъ чертежѣ. Если три точки **c'**, **d'** и **k'** окажутся на одной прямой, то задача рѣшена точно.

Задача 3. Провѣшить линію между данными точками **A** и **B** (чер. 91), если между ними лежитъ лѣсъ или кустарникъ, такъ что изъ **A** не видно **B**. Предварительно выбираютъ по нѣкоторымъ призна-

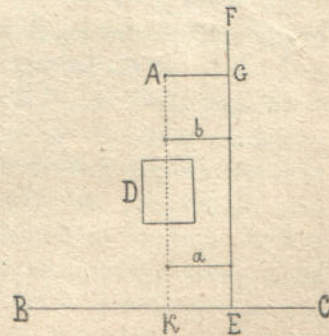
камъ (по голосу людей, по дыму костра, по ракетамъ) линію АС, которую провѣшивають, начиная отъ точки А—въ предположеніи, что она попадетъ



Чер. 91.

на точку В или пройдетъ вблизи ея: для этого берутъ по соображенію точку а и линію Аа продолжаютъ черезъ лѣсъ, дѣлая проську возможно уже. Если продолженіе линіи Аа не попадетъ въ точку В, а займетъ положеніе а С, то мы должны перемѣстить нашу линію до положенія АВ. Для этого изъ точки В опустимъ перпендикуляръ Вb на проведенную линію АС. Затѣмъ въ точкѣ а возставимъ перпендикуляръ къ той же линіи АС и отложимъ на немъ длину а а', которая опредѣлится изъ пропорціи $\frac{a a'}{B b} = \frac{A a}{A b}$. Такъ какъ линіи Аа, Аб и Вb могутъ быть измѣрены на мѣстности, то найдемъ и а а'; именно: $a a' = B b \cdot \frac{A a}{A b}$. Найдя точку а', провѣшимъ теперь линію черезъ точки А и а'. Если всё наши измѣренія были сдѣланы точно, то линію Аа' при своемъ продолженіи пройдетъ черезъ точку В. Кромѣ перпендикуляра а а' можемъ возставить еще нѣсколько перпендикуляровъ къ линіи АС въ какихъ либо точкахъ ея и отложить на нихъ соответственныя длины; такъ напр., если $A d = \frac{1}{3} A b$, то перпендикуляръ въ точкѣ d будетъ равенъ $\frac{1}{3} B b$ и т. д. Такимъ образомъ найдемъ нѣсколько точекъ линіи АВ, чѣмъ облегчается окончательное проведеніе всей линіи.

Задача 4. Опустить перпендикуляръ изъ точки А (чер. 92) на линію ВС при мѣстномъ препятствіи D. Для рѣшенія задачи возставляемъ къ линіи ВС въ нѣкоторой точкѣ Е перпендикуляръ EF, который прошелъ бы мимо препятствія D, опускаемъ затѣмъ изъ точки А перпендикуляръ АG на линію EF и измѣряемъ его длину. Затѣмъ отъ точки Е отложимъ EK—равное АG. Точка К будетъ подошвой искомага перпендикуляра, такъ какъ $A K \parallel E F$. Теперь можно въ точкѣ К возставить перпендикуляръ къ ВС. Можемъ найти еще иначе другія точки (сверхъ А и К) перпендикуляра АК; именно въ произвольныхъ точкахъ линіи EF возставляемъ къ ней перпендикуляры а, b . . . и откладываемъ на нихъ длину равную АG; тогда по полученнымъ точкамъ, а также точкамъ А и К можно провѣсить искомый перпендикуляръ.



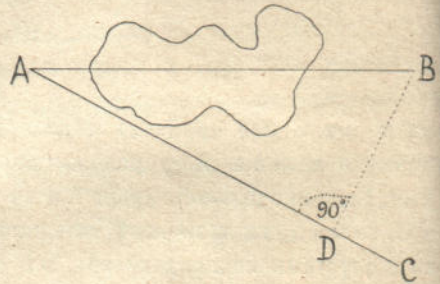
Чер. 92.

Задача 5. Определить длину линии АВ (чер. 93), середина которой недоступна.

1-ый способ. Предполагая, что из точки А видна точка В, возставимъ (эккеромъ) въ точкахъ А и В перпендикуляры къ АВ и отложимъ на нихъ равныя длины Аа и Вb; тогда длина аb, измѣренная непосредственно, дастъ длину АВ.



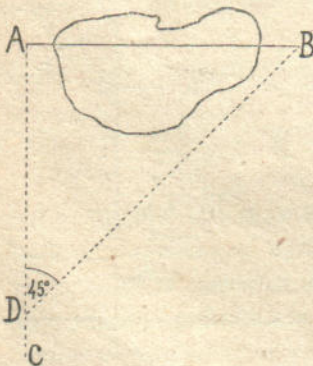
Чер. 93.



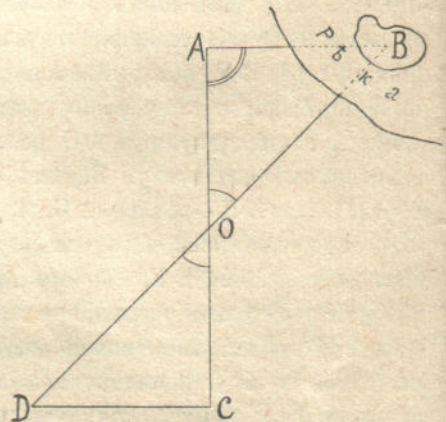
Чер. 94.

2-ой способ, пригодный для случая, когда изъ А не видно В, состоитъ въ слѣдующемъ. Проводимъ на мѣстности произвольную, но удобную для измѣренія линію АС (чер. 94). Затѣмъ идя съ эккеромъ по линіи АС ищемъ подошву D перпендикуляра, опущеннаго изъ точки В на АС; измѣряемъ АD и ВD; тогда линія АВ, какъ гипотенуза треугольника АВD, равна $\sqrt{AD^2 + BD^2}$, а потому можетъ быть вычислена.

3-й способ, примѣнимый при эккертѣ, имѣющемъ плоскости діоптровъ для проведенія линій подъ угломъ въ 45° , состоитъ въ слѣдующемъ. Предполагая, что изъ А видно В, возставимъ въ точкѣ А (чер. 95) перпендикуляръ АС къ линіи АВ; затѣмъ идемъ съ эккеромъ по направленію АС до такой точки D, чтобы уголъ АДВ былъ равенъ 45° ; это узна-



Чер. 95.



Чер. 96.

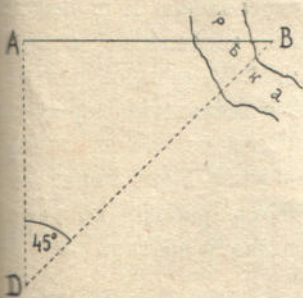
ется эккеромъ, наводя одни діоптры на точку А и смотря, проходятъ ли другіе, образующіе съ первыми уголъ въ 45° , черезъ точку В. Когда точка

Д найдена, то линия AD будет равна AB , такъ какъ тогда въ треуголь-
никѣ ADB и уголъ ABD будетъ тоже равенъ 45° . Остается измѣрить AD .

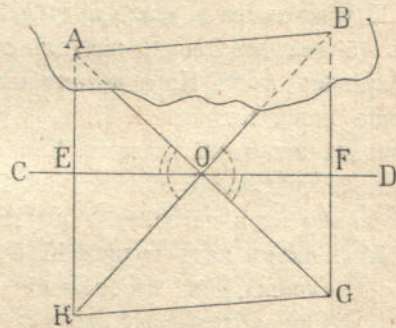
**Задача 6. Опредѣлить длину линіи AB (чер. 96), одинъ конецъ
которой недоступенъ.**

1-й способъ. Возставаемъ въ точкѣ A перпендикуляръ къ AB , отло-
жимъ на немъ нѣкоторую длину AO и затѣмъ еще $OC = AO$; тогда точка
 O будетъ серединой AC . Черезъ точку O провѣшимъ линію BO , а
въ точкѣ C возставимъ перпендикуляръ къ линіи AC и найдемъ точку D
пересѣченія этого перпендикуляра съ продолженіемъ линіи BO . Тогда CD
будетъ равно AB влѣдствіе равенства треугольниковъ AOB и COB (по
катету и острому углу).

2-ой способъ (чер. 97) совершенно похожъ на третій способъ рѣшенія
предыдущей задачи.



Чер. 97.



Чер. 98.

**Задача 7. Опредѣлить длину линіи AB (чер. 98), недоступной на
всемъ ея протяженіи. Длина AB выносится тогда на доступное мѣсто
слѣдующимъ образомъ. Проводимъ (провѣшиваемъ) сперва по сосѣдству
линію CD , направленіе которой близко къ направленію линіи AB . Изъ
точекъ A и B опускаемъ перпендикуляры AE и BF на CD : для этого
нужно идти съ эккеромъ по линіи CD и найти подошвы
перпендикуляровъ. Далѣе, длину EF раздѣлимъ пополамъ и черезъ середину
 O провѣшимъ линіи OA и OB и продолжимъ ихъ до встрѣчи съ про-
дольженіями BF и AE въ точкахъ G и K . Покажемъ, что тогда линія FG
будетъ равной AE и EK равной BF . Дѣйствительно, прямоугольные \triangle -ки
 EFO и KEO равны, такъ какъ катеты EO и OF равны и углы при
точкѣ O равны; изъ равенства этихъ треугольниковъ слѣдуетъ, что $EK =$
 BF . Подобнымъ образомъ изъ разсмотрѣнія треугольниковъ AOE и GOB
найдемъ, что $FG = AE$. Слѣдов. $AK = BG$; но кромѣ того $AK \parallel BG$, а
поэтому фигура $ABGK$ есть параллелограммъ и линія $KG = AB$. Остается
линію KG измѣрить.**

§ 40. Отражательные эккера других видов: однозеркальный эккеръ, трехзеркальный, однопризменный и двупризменный. Мы рассмотримъ отражательный двузеркальный эккеръ, рассмотримъ еще слѣдующіе:

1) Однозеркальный эккеръ. Онъ состоитъ изъ трубки АВ (чер. 99), которую при работѣ держать горизонтально. На одномъ концѣ трубки имѣется въ центрѣ доньшка маленькое круглое отверстіе m , служащее глазнымъ діоптромъ; на другомъ концѣ имѣется предметный діоптръ n съ вертикальнымъ волоскомъ. Внутри трубки подъ угломъ въ 45° къ оси ея поставлено вертикально зеркало ab и противъ него сбоку имѣется отверстіе c въ трубкѣ. Зеркало имѣетъ видъ полукруга d (чер. 100) и перегородиваетъ нижнюю часть поперечнаго сѣченія трубки, такъ что можно смотрѣть въ діоптры m и n по оси трубки поверхъ зеркала на предметъ или на вѣху M и одновременно смотрѣть отъ точки m въ зеркало. При указанномъ углѣ между осью mn и зеркаломъ ab мы увидимъ въ зеркалѣ точку E , лежащую на перпендикулярѣ KE къ линіи mn . Дѣйствительно, лучъ EK упадетъ на зеркало подъ угломъ EKr въ 45° и отразится подъ угломъ въ 45° , слѣдовательно пойдетъ въ нашъ глазъ по направленію Km перпендикулярно къ EK ; а потому мы увидимъ точку E въ зеркалѣ по направленію линіи Kn или KM , т. е. увидимъ ее подъ точкой M , видимой поверхъ зеркала простымъ глазомъ. Такимъ образомъ, при возстановленіи перпендикуляра къ линіи CM въ точкѣ K становятся съ трубкой на линіи лицомъ къ концу ея и наводятъ діоптры m и n напримѣръ на вѣху M въ концѣ ея, держа эккеръ надъ точкой K . Вѣху же E перемѣщаетъ рабочій по указанію съемщика, пока изображеніе ея въ зеркалѣ не станетъ противъ вѣхи M , видимой простымъ глазомъ.

При опусканіи перпендикуляра изъ данной точки E на линію CM идемъ по линіи CM держа у глаза трубку, наведенную на точку M ,—идемъ до тѣхъ поръ, пока не увидимъ въ зеркалѣ вѣху E подъ вѣхой M , видимой простымъ глазомъ.

Въ этомъ эккерѣ предметные діоптры устраиваются еще иначе, именно, вмѣсто помѣщенія волоска въ концѣ трубки, дѣлаютъ стекло зеркала не въ видѣ полукруга, а въ видѣ цѣлаго круга, но амальгамой покрываютъ только нижнюю половину стекла; верхняя же половина прозрачна и на ней проведена вертикальная черта i , служащая предметнымъ діоптромъ.

Часто этотъ эккеръ видоизмѣняется такъ, что мѣсто занимаемое зеркаломъ, расширяется и принимаетъ видъ кубика MN (чер. 101). Къ нему прилѣплана трубка A съ глазнымъ діоптромъ. Зеркало стоитъ въ діагональной плоскости CF кубика подъ угломъ въ 45° къ оси трубки и пересѣкаетъ нижнюю часть кубика. Въ передней стѣнкѣ кубика имѣется полукруглое отверстіе B съ натянутымъ волоскомъ (предметный діоптръ). Въ боковой стѣнкѣ сдѣлано тоже полукруглое отверстіе E противъ зеркала. Оно обращается къ вершинѣ перпендикуляра. Отверстія B и E находятся одно въ верхней половинѣ стѣнки другое въ нижней.

Употребленіе этого эскера таково же, какъ и предыдущаго, имѣющаго трубки.

Повѣрка однозеркальнаго эскера дѣлается такъ же, какъ и повѣрка двухъзеркальнаго.

Для исправленія наклона зеркала имѣется при немъ особый винтикъ боковой стѣнкѣ кубика.

2) Трехзеркальный эскеръ. При возставленіи и, особенно, при отпусканіи перпендикуляровъ нужно заботиться, чтобы съемщикъ съ эскеромъ не сбился съ линіи, къ которой проводится перпендикуляръ, и нуженъ стѣбный человѣкъ, который за этимъ слѣдитъ, стоя у конца линіи. Трехзеркальный эскеръ изобрѣтенъ съ цѣлю дать возможность съемщику самому удобно ставить себя на линію, на концахъ которой стоятъ вѣхи А и В (чер. 102). Онъ представляетъ какъ бы соединеніе двухъ двухзеркальных эскеровъ, въ которыхъ одно зеркало а b высокое—общее, два же другихъ зеркала пониже поставлены одно надъ другимъ, напимѣръ зеркало с d сверху, а f g подъ нимъ. Уголь образованный зеркалами а b и с d, а также зеркалами а b и f g равенъ 45° .

Въ такомъ случаѣ уголь между зеркалами с d и f g будетъ 90° . Двухзеркальный эскеръ g a b обращенъ къ вѣхѣ В, а двухзеркальный эскеръ с d a b—къ вѣхѣ А. Мы, глядя въ зеркало а b, увидимъ въ немъ точку А по направлению перпендикулярному къ А К; точно также вѣху В увидимъ по направлению перпендикулярному къ К В. Если оба эти направленія К А и К В образуютъ одну прямую линію, то оба перпендикуляра сольются въ одну линію К М; это и будетъ означать, что эскеръ стоитъ на линіи А В. Если же выставить на мѣстности вѣху М противъ совпавшихъ въ зеркалѣ а b изображеній вѣхъ А и В, то получимъ перпендикуляръ К М къ линіи А В. Видъ такого эскера показанъ на чертежѣ 103.

Держа его за ручку m смотря въ глазной діоптръ i h (въ видѣ щелочки) видятъ въ зеркалѣ а b вѣхи А и В и поверхъ эскера видятъ установленную вѣху М. Изъ этого вытекаетъ слѣдующій приѣмъ употребленія двухъзеркальнаго эскера. При возставленіи перпендикуляра къ линіи А В держатся лицомъ въ сторону будущаго перпендикуляра такъ, что правая и левая рука съемщика находятся со стороны точекъ А и В. Если увидимъ, что въ зеркалѣ а b изображенія вѣхъ А и В сливаются, то мы стоимъ точно на линіи А В; если же изображенія вѣхъ расходятся, то мы подвигаемся перпендикулярно къ линіи А В впередъ или назадъ: когда достигнемъ совпаденія изображеній вѣхъ въ зеркалѣ а b, то выставляемъ вѣху М противъ совпаденія изображеній и получимъ искомый перпендикуляръ.

При отпусканіи перпендикуляра изъ точки М приходится, держа эскеръ въ томъ же образѣ, передвигаться вдоль линіи А В, пока эскеръ съ изображеніями вѣхъ не станетъ противъ точки М, т. е. пока вѣха М не совпадетъ съ изображеніями вѣхъ А и В; при этомъ намъ нужно еще слѣдить,

чтобы изображенія вѣхъ А и В въ зеркалѣ а b не разошлись, т. е. чтобы не сбились съ линіи А В.

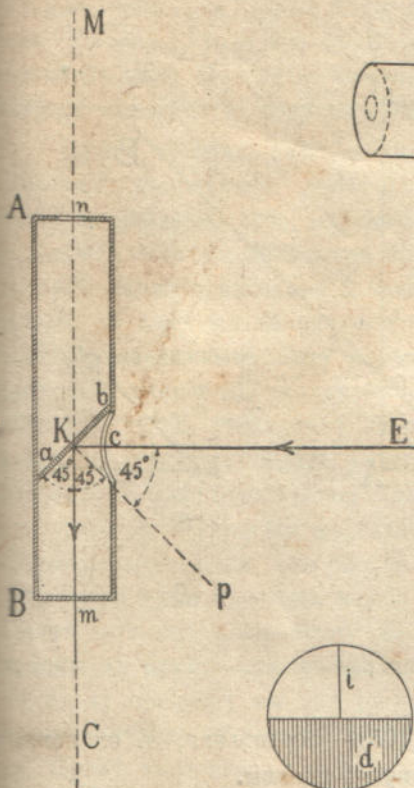
Для повѣрки трехзеркальнаго эккера нужно отдѣльно повѣрить каждыя изъ двузеркальныхъ эккеровъ, т. е. повѣрить уголь между зеркалами а b и с d и между зеркалами а b и f g; когда это сдѣлано точно, то зеркала с d и f g станутъ подъ угломъ 90° одно къ другому. Но можно еще самостоятельно отдѣльно повѣрить этотъ уголь ставъ предварительно точно на линіи А В; тогда мы должны увидѣть, что изображенія вѣхъ А и В въ зеркалѣ совпадаютъ; это и будетъ означать, что зеркала с d и f g взаимно перпендикулярны. Зеркала эти исправляются винтиками р р и р 1 р 1.

Мы видимъ, что при употребленіи этого эккера нужно становиться лицомъ и смотрѣть не по направленію данной линіи, а перпендикулярно къ ней.

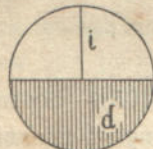
3) Однопризменный эккеръ. Онъ состоитъ изъ треугольной стеклянной призмы М N (чер. 104), основанія которой представляютъ прямоугольные равнобедренные треугольники. Оба основанія призмы и грань ея по гипотенузѣ закрыты оправой.

При употребленіи этого эккера держать его такъ, чтобы одна грань N (по катету) была обращена къ предмету, на примѣръ, къ вѣхѣ на концѣ линіи, а другая открытая грань М (тоже по катету) была обращена къ глазу. Тогда лучи свѣта, идущіе отъ вѣхи, попадая на правую грань N вблизи прямого угла, выйдутъ изъ лѣвой грани М и дадутъ изображеніе вѣхи въ задней грани призмы (по гипотенузѣ), какъ въ зеркалѣ,—вблизи лѣваго остраго угла призмы. При этомъ направленіе выходящаго луча, идущаго къ глазу, перпендикулярно къ направленію падающаго отъ вѣхи луча. Поясимъ это чертежомъ 105, на немъ виденъ путь Е а б в г д е ж з к л м н о п q r с т у в x y z. Лучъ Е а, вступая въ стекло въ грань А С преломляется, тѣмъ претерпѣваетъ два раза полное внутреннее отраженіе, сперва отъ тета А В, затѣмъ отъ гипотенузы В С, такъ какъ уголь паденія луча на грани больше предѣльнаго угла преломленія для стекла (предѣльный уголъ для стекла равенъ 41° 49'). Послѣ этого лучъ выйдетъ изъ грани А В, претерпѣвая еще одно преломленіе. Чтобы убѣдиться, что направленіе выходящаго луча перпендикулярно къ направленію падающаго рассмотримъ слѣдовательные углы паденія, преломленія и отраженія луча.

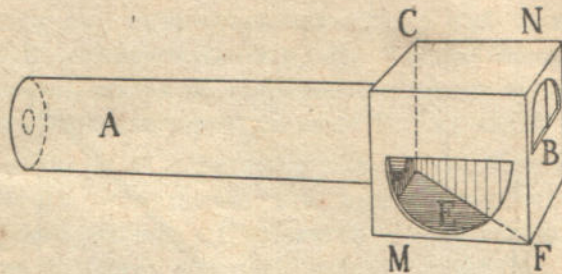
Пусть $\angle 1$ есть уголь паденія луча Е а, $\angle 2$ —уголь преломленія; видимъ, что $\angle 3 = \angle 2$; далѣе изъ $\triangle b c f$ имѣемъ, что внѣшній уголъ его въ 45° $\angle 3 + \angle 4$; изъ $\triangle c d g$ имѣемъ, что внѣшній уголъ его въ 45° $\angle 5 + \angle 4$. Сравнивая эти два равенства, видимъ, что $\angle 5 = \angle 3$ или $\angle 5 = \angle 2$; а въ такомъ случѣ (на основаніи свойства преломленія свѣта при вступленіи въ другую среду и при выходѣ изъ нея) и $\angle 6 = \angle 1$. Теперь легко видѣть, что $d h \perp E a$, и вершина прямого угла будетъ въ точкѣ О; для доказательства проведемъ изъ какой либо точки k бумаги линіи k E', k n', k h' и k m' на



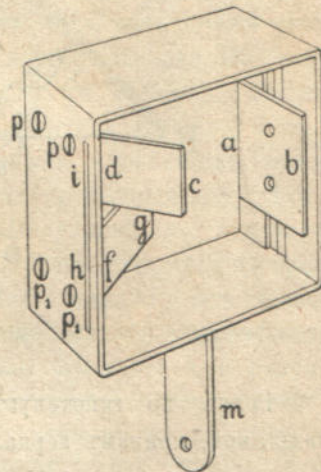
Чер. 99.



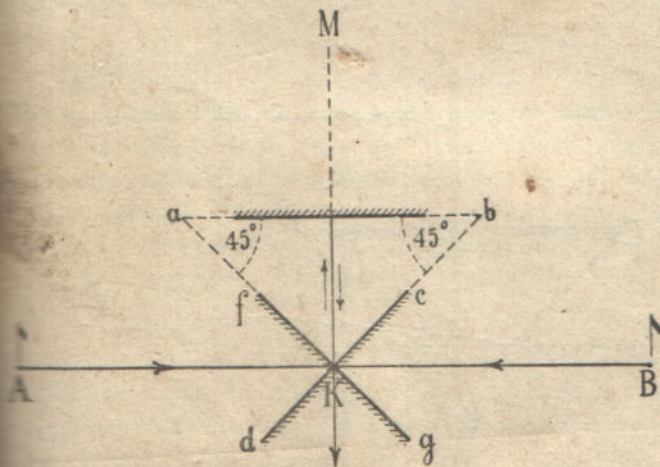
Чер. 100.



Чер. 101.



Чер. 103.

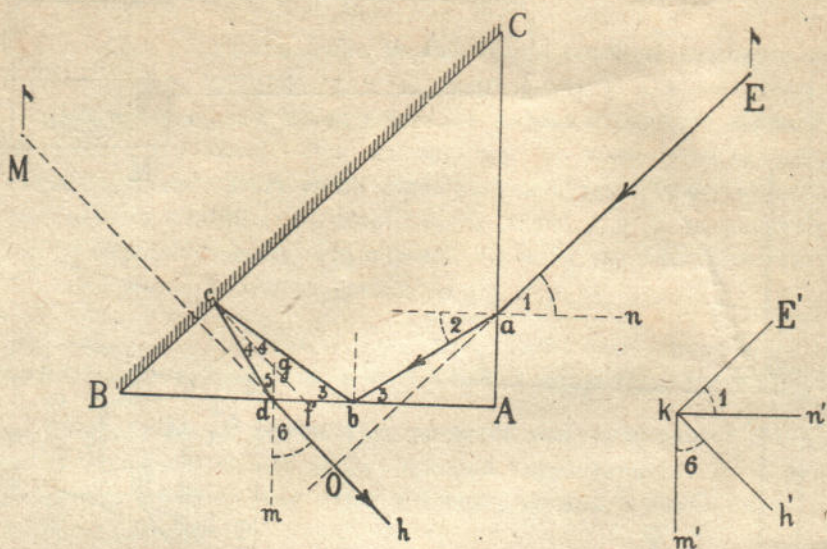


Чер. 102.



Чер. 104.

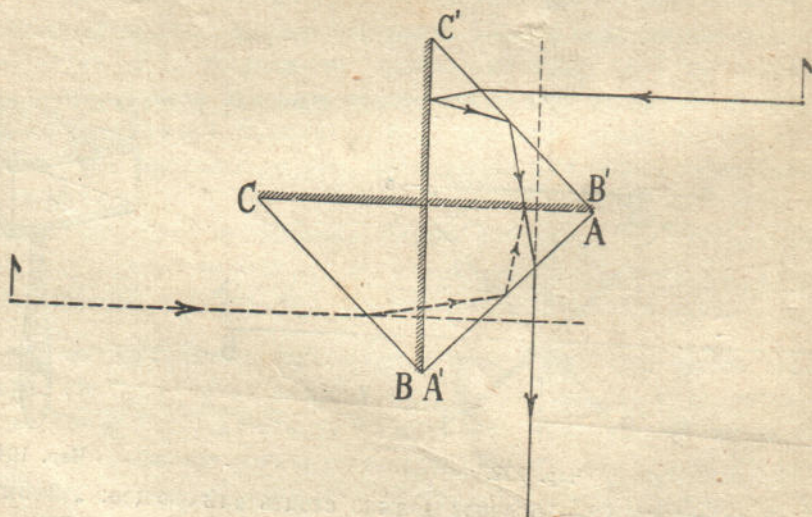
64. Въмѣсто строкъ 12—15 снизу должно стоять слѣдующее: „затѣмъ прерываеъ полное внутреннее отраженіе отъ катета АВ, такъ какъ уголь паденія луча на грань АВ больше предѣльнаго угла преломленія для стекла (предѣльный уголь для стекла равенъ $41^{\circ}49'$); затѣмъ онъ отражается отъ вертикальной поверхности гипотенузы ВС“.



Чер. 105.

Грань по гипотенузѣ BC (чер. 105) — зеркальная, т. е. покрыта амальгамой, причѣмъ зеркало обращено внутрь призмы.

$$\angle 3 = \angle 2; \angle cfd = 45^\circ = \angle 3 + \angle 4; \angle dgf = 45^\circ = \angle 4 + \angle 5.$$



Чер. 106.

дельныя линіямъ aE , ap , dh и dm ; тогда—такъ какъ $kn' \perp km'$ и такъ какъ $\angle 6 = \angle 1$, то и $kh' \perp ke'$, слѣдовательно $Ea \perp dh$. Такимъ образомъ, выставивъ вѣху M —глядя поверхъ эккера по направленію видимаго въ немъ изображенія вѣхи E , получимъ перпендикуляръ къ линіи EO въ точкѣ O .

Нужно обратить здѣсь вниманіе на слѣдующее важное обстоятельство. Такъ какъ направленіе луча dh , выходящаго изъ призмы, перпендикулярно направленію луча, идущаго отъ точки E къ точкѣ стоянія эккера, то въ случаѣ если мы нѣсколько измѣнимъ положеніе эккера, повернувъ его въ рукѣ около вертикальной линіи, мы получимъ изображеніе вѣхи E въ призмѣ въ томъ же направленіи, т. е. изображеніе при вращеніи эккера будетъ неподвижнымъ. Это для насъ важно знать, такъ какъ кромѣ указаннаго изображенія мы увидимъ въ призмѣ еще другое изображеніе той же вѣхи отъ лучей, падающихъ на грань AC дальше отъ ребра A ; эти лучи, войдя въ призму, попадутъ не на катетъ AB , какъ у насъ было, а на гипотенузу BC и, отразившись полнымъ внутреннимъ отраженіемъ, выйдутъ изъ грани AB . Попадая въ глазъ, эти лучи дадутъ изображеніе вѣхи въ другомъ направленіи, которое не будетъ перпендикулярно къ направленію падающаго луча. Въ этомъ можно убѣдиться, построивъ путь луча въ призмѣ. Кромѣ того положеніе этого изображенія будетъ зависѣть отъ поворота призмы въ рукѣ,—при поворачиваніи призмы оно будетъ перемѣщаться. По этому признаку мы его узнаемъ и не должны брать его для полученія перпендикуляра, а должны брать предыдущее неподвижное изображеніе вѣхи. Кромѣ того нужное намъ изображеніе, получившееся послѣ двухъ преломленій и двухъ полныхъ внутреннихъ отраженій свѣта, будетъ слабѣе видно (вслѣдствіе потери свѣта), нежели второе изображеніе, гдѣ лучъ претерпѣвалъ меньше поворотовъ: это помогаетъ также узнать нужное изображеніе.

Повѣрка этого эккера производится слѣдующимъ образомъ. Возвставляемъ съ помощью его перпендикуляръ къ линіи, стоя въ концѣ ея; затѣмъ, повернувшись на полъ оборота, возставляемъ второй перпендикуляръ въ противоположномъ направленіи: если двѣ выставленныя вѣхи (вершины перпендикуляровъ) и точка стоянія эккера образуютъ прямую линію, то эккеръ вѣренъ, т. е. основаніе призмы представляетъ треугольникъ съ углами точно въ 90° и 45° .

4) Двупризменный эккеръ. Онъ употребляется для той же цѣли, что и трехзеркальный, именно—чтобы обходиться безъ помощника при установкѣ съемщика съ эккеромъ на линіи. Эккеръ этотъ состоитъ изъ двухъ равнобедренныхъ прямоугольныхъ призмъ, наложенныхъ одна на другую, какъ показано въ упрощенномъ видѣ на чер. 106 (видъ призмъ сверху), т. е. онъ представляетъ соединеніе двухъ однопризменныхъ эккеровъ.

Переднія грани призмъ AB и $A'B'$ по катетамъ совпадаютъ, боковыя грани BC и $B'C'$ параллельны между собой, а заднія грани по гипотенузамъ взаимно перпендикулярны. Совпадающія переднія грани называются

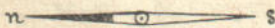
окулярными: онѣ обращаются къ глазу; боковыя же называются объективными—обращаются къ вѣхамъ. Нижняя призма служитъ для полученія изображенія отъ лѣваго предмета, а верхняя—отъ праваго. Если станемъ съ эккеромъ на прямой линіи, на концахъ которой стоятъ вѣхи, то, пользуясь обѣими призмами, увидимъ въ каждой изъ нихъ по изображенію вѣхи. Такъ какъ эти изображенія получаются по направленію перпендикулярному къ нашей линіи, то они совпадутъ. Слѣдовательно и обратно, желая стать на линію мы должны перемѣщаться перпендикулярно къ линіи, пока изображенія концевыхъ вѣхъ не станутъ точно одно надъ другимъ. Если теперь по направленію этихъ изображеній выставимъ вѣху поверхъ эккера, то этимъ возставимъ перпендикуляръ къ нашей линіи. Если же нужно опустить перпендикуляръ, то передвигаемся по линіи, слѣдя за тѣмъ, чтобы изображенія вѣхъ въ призмахъ не разошлись.

Для повѣрки этого эккера нужно повѣрить сперва отдѣльно каждую призму, какъ сказано выше, а затѣмъ повѣрить взаимное положеніе призмъ: для этого становимся на заранѣе точно провѣшенную линію, на концахъ которой стоятъ вѣхи; тогда изображенія вѣхъ въ двухъ призмахъ должны получиться по одному направленію; если же этого нѣтъ, то верхняя призма передвигается имѣющимися исправительными винтами.

Глава 6. Буссоли.

§ 41. Магнитная стрѣлка. Намагничиваніе ея. Выше было сказано, что при съемкѣ мѣстности должно быть опредѣляемо направленіе линій относительно странъ свѣта. Приборы, служащіе для этой цѣли, называются буссолями; они устраиваются на основаніи свойствъ магнита.

Магнитъ, употребляемый въ буссоли, имѣетъ форму тонкой пластинки съ острыми концами и наз. магнитной стрѣлкой (чер. 107); въ серединѣ ея (чер. 108) находится шляпка со вставленнымъ въ нее твердымъ



Чер. 107.

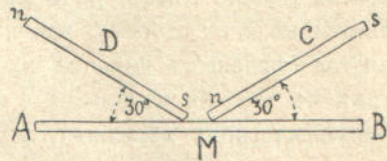


Чер. 108.

камнемъ—агатомъ, которымъ стрѣлка ставится на остріе. Стрѣлка на остріи поворачивается однимъ концомъ на сѣверъ, другимъ на югъ. Сѣверный конецъ обыкновенно окрашивается для отличія въ темный цвѣтъ. Линія, соединяющая острія стрѣлки, называется ея „геометрической осью“, а линія, соединяющая полюса стрѣлки, т. е. тѣ точки, въ которыхъ какъ бы сосредоточена притягательная сила каждаго конца, называется „магнитной осью“. Эти двѣ оси не всегда совпадаютъ; въ хорошей же стрѣлкѣ, годной для работы, онѣ должны совпадать.

Сѣверный полюсъ стрѣлки обозначается буквой С или N, n (Nord—сѣверъ), а южный—Ю или S (Süd—югъ).

Чтобы сообщить свойства магниту стальной пластинкѣ, напр. стрѣлкѣ, или, какъ говорятъ, намагнитить ее, удобно примѣнять способъ двойного натиранія. Способъ этотъ изображенъ на чер. 109. Пластинку АВ натираютъ сѣвернымъ концомъ одного магнита С и южнымъ другого D, ставя эти концы на середину М намагничиваемой пластинки АВ и передвигая ихъ къ концамъ ея А и В; при этомъ магниты наклонены подъ угломъ около 30° къ пластинкѣ АВ. Въ точкахъ А и В снимаютъ магниты, ставятъ ихъ опять на середину и вновь передвигаютъ къ концамъ пластинки. Это дѣйствіе повторяютъ нѣсколько разъ; затѣмъ такимъ же образомъ натираютъ нижнюю поверхность пластинки. Въ концѣ А, натираемомъ южнымъ полюсомъ, образуется сѣверный полюсъ, а въ концѣ В образуется южный полюсъ. Когда пластинка АВ получитъ всю магнитную силу, которую она можетъ принять, то говорятъ, что пластинка намагничена до насыщенья.



Чер. 109.

§ 42. Склоненіе стрѣлки. Выше сказано, что магнитная стрѣлка поворачивается однимъ концомъ къ сѣверу, другимъ къ югу; но направленіе стрѣлки, вообще говоря, не совпадаетъ точно съ направленіемъ линіи съ сѣвера на югъ, т. е. съ направленіемъ полуденной линіи. Полуденная линія называется направленіе географическаго меридіана мѣста. Вертикальная плоскость, проходящая черезъ полуденную линію, наз. плоскостью географическаго меридіана даннаго мѣста. Вертикальная же плоскость, проходящая черезъ направленіе оси магнитной стрѣлки, подвѣшенной на остріи, наз. плоскостью магнитнаго меридіана. Эти двѣ плоскости, вообще говоря, не совпадаютъ; уголъ между ними наз. склоненіемъ стрѣлки. Если магнитный меридіанъ отходить сѣвернымъ концомъ къ востоку отъ географическаго меридіана, то склоненіе наз. восточнымъ; если же онъ отходить къ западу, то склоненіе стрѣлки наз. западнымъ.

§ 43. Измѣненія склоненія стрѣлки. Изученіе склоненія стрѣлки имѣетъ большое практическое значеніе по слѣдующей причинѣ. При съемкѣ мѣстности опредѣляются углы, образуемые линіями мѣстности съ направленіемъ магнитной стрѣлки; затѣмъ, чтобы опредѣлить углы тѣхъ же линій относительно географическаго меридіана,—чтобъ найти подлинное расположеніе линій относительно странъ свѣта, нужно знать, на сколько направленіе магнитнаго меридіана отходить отъ направленія географическаго меридіана, и на эту разницу поправить найденные выше углы. Если бы склоненіе стрѣлки было одно и то же для всѣхъ временъ и для всѣхъ мѣстъ земнаго шара, то задача была бы очень проста: поправка могла бы быть разъ опредѣлена съ требуемой точностью для всѣхъ съемочныхъ работъ. Но дѣло въ томъ, что склоненіе стрѣлки подвержено многимъ измѣненіямъ.

Прежде всего замѣтимъ, что склоненіе стрѣлки неодинаково для различныхъ мѣстъ земнаго шара. Въ однихъ мѣстахъ оно восточное, въ другихъ

западное, въ иныхъ оно равно нулю. Кромѣ того и для одного и того же мѣста на землѣ склоненіе не остается все время постояннымъ. Измѣненія склоненія стрѣлки, зависящія отъ времени, можно раздѣлить на вѣковыя, суточные и случайныя. Вѣковыя измѣненія склоненія стрѣлки состоятъ въ томъ, что въ теченіи цѣлаго ряда лѣтъ (больше 300-тъ лѣтъ) склоненіе все поворачивается въ одну сторону, напримѣръ, стрѣлка все больше и больше отклоняется сѣвернымъ концомъ къ востоку отъ географическаго меридіана, а послѣ нѣсколькихъ лѣтъ въ теченіе цѣлаго ряда лѣтъ возвращается назадъ, приближается къ географическому меридіану, переходитъ за него и отклоняется далѣе къ западу; такимъ образомъ склоненіе вмѣсто восточнаго сдѣлается западнымъ. Эти измѣненія склоненія очень медленны,—въ годъ около 5 минутъ, но въ теченіе десятковъ и сотенъ лѣтъ измѣненіе получается въ нѣсколько градусовъ и даже десятковъ градусовъ. Вслѣдствіе этого, когда мы говоримъ о склоненіи стрѣлки для какого нибудь мѣста, то должны указать время или какъ говорятъ, эпоху, къ которой относится это склоненіе. Такъ въ 1908 г. склоненіе стрѣлки было въ Кіевѣ— $0^{\circ}45'$ западное, въ Москвѣ— $3^{\circ}9'$ восточное, въ Самарѣ— $9^{\circ}17'$ восточное, въ Симферополѣ— $0^{\circ}15'$ западное. Ежегодное измѣненіе склоненія таково, что сѣверный конецъ стрѣлки постепенно поворачивается съ запада на востокъ.

Суточные измѣненія склоненія стрѣлки состоятъ въ слѣдующемъ: южный конецъ стрѣлки, обращенный къ той сторонѣ неба, по которой днемъ идетъ солнце, какъ бы притягивается солнцемъ; именно съ утра до двухъ часовъ пополудни южный конецъ стрѣлки немного поворачивается къ востоку, а слѣдовательно сѣверный къ западу; съ двухъ же часовъ пополудни южный конецъ поворачивается къ западу, а сѣверный къ востоку: эти отклоненія стрѣлки въ среднемъ не больше $\frac{1}{4}^{\circ}$. Зимой они меньше, нежели лѣтомъ. Въ нѣкоторые дни лѣтомъ измѣненіе склоненія стрѣлки доходить до 1° и болѣе. Средняя величина склоненія стрѣлки для даннаго мѣста наблюдается около 10—11 часовъ утра, а также около 9—10 часовъ вечера.

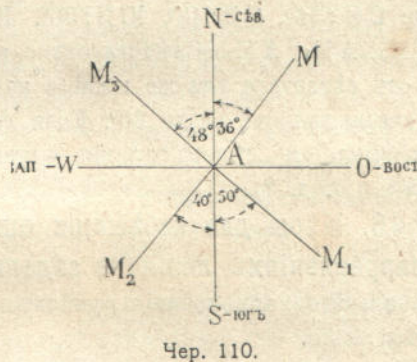
Случайныя измѣненія или возмущенія стрѣлки зависятъ отъ разныхъ обстоятельствъ: отъ сѣвернаго сіянія, отъ грозы, отъ вѣтра, отъ присутствія въ землѣ желѣзной руды; сюда же можно отнести отклоненія стрѣлки, вызываемыя лежащими гдѣ либо по близости большими массами желѣза, напр. мостомъ, водосточными трубами дома, а также телеграфными проводами, брошеннымъ вблизи ломомъ, стальной лентой, ножомъ въ карманѣ жилета и т. п. Вообще при пользованіи магнитной стрѣлкой нужно быть очень осторожнымъ, заботиться объ удаленіи желѣзныхъ вещей, могущихъ возмущать положеніе стрѣлки; если же возмущающую причину нельзя удалить (мостъ), то нужно перейти съ буссолью на другой конецъ снимаемой линіи или въ промежуточную точку ея.

§ 44. Наклоненіе магнитной стрѣлки. Замѣчено, что стальная стрѣлка, стоявшая на остріи горизонтально до намагничиванія, наклоняется послѣ намагничиванія сѣвернымъ концомъ книзу (въ сѣверномъ полушаріи

шного шара). Если такая стрѣлка можетъ вращаться въ плоскости магнитнаго меридіана на горизонтальной оси, то она наклонится къ горизонту на некоторый уголъ, называемый наклономъ стрѣлки. Наклоненіе стрѣлки неодинаково на всей земной поверхности: оно очень мало на экваторѣ, а вблизи полюсовъ земного шара оно значительно. Стрѣлка, употребляемая въ буссоли, должна стоять горизонтально; а потому сѣверный конецъ ея долженъ быть сдѣланъ до намагничиванія легче южнаго,—въ противномъ случаѣ сѣверный конецъ послѣ намагничиванія наклонится у насъ книзу.

§ 45. Румбы линій мѣстности. Если стать на мѣстности лицомъ на сѣверъ, то сзади насъ будетъ югъ, направо—востокъ, налево—западъ. Проведя черезъ точку стоянія меридіанъ и линію къ нему перпендикулярную, мы получимъ отъ точки стоянія четыре направленія, указывающія на мѣстности точки сѣвера, юга, востока и запада.

Подобно этому, если стать передъ листомъ бумаги для плана или передъ классной доской, то принято считать, что передъ нами вверху листа доска будетъ сѣверъ; тогда внизу будетъ югъ, направо—востокъ и налево—западъ. Поэтому если взять въ любомъ мѣстѣ бумаги или доски точку А (чер. 110), то меридіанъ NS черезъ эту точку пойдетъ вверхъ (на сѣверъ) и внизъ (на югъ); перпендикуляръ же къ меридіану черезъ ту-же точку пойдетъ направо по АО на востокъ и налево по АW на западъ.



Замѣтимъ, что если положить и повернуть бумагу или доску такъ, чтобы сѣверный конецъ AN прочерченнаго меридіана былъ и по мѣстности направленъ къ сѣверу, то и другія направленія на бумагѣ или доскѣ (югъ, востокъ и западъ) будутъ совпадать съ направленіями на мѣстности.

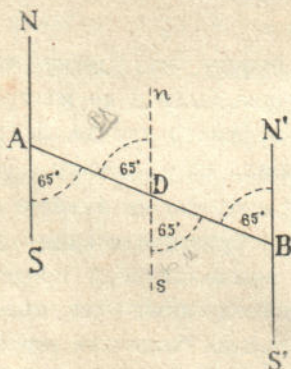
Во избѣжаніе недоразумѣній не слѣдуетъ думать, что на бумагѣ есть одна точка сѣвера, напр. на срединѣ верхняго края бумаги или одна точка востока на срединѣ праваго края бумаги и т. д.; нужно же себѣ представлять, что черезъ любую точку бумаги можно провести линію на сѣверъ: пойдетъ изъ этой точки вверхъ листа (параллельно боковымъ его краямъ) и можетъ встрѣтить верхній край бумаги въ какой угодно точкѣ. То же можно сказать и про направленіе на востокъ и т. д.

Посмотримъ теперь, какъ оцѣниваются направленія на мѣстности и на бумагѣ другихъ линій, выходящихъ изъ точки А, именно линій АМ, АМ₁, АМ₂ и АМ₃. Линія АМ не идетъ ни прямо на сѣверъ (хотя она и поворачивается на бумагѣ кверху), ни прямо на востокъ (хотя и наклонена влево); поэтому ея направленіе, идущее отъ точки А между сѣверомъ

и востокомъ, называется сѣверо-востокъ. Для полного опредѣленія направления линіи АМ нужно знать еще уголъ NAM, на которомъ эта линія повернута отъ сѣвернаго направленія AN вправо къ востоку; если этотъ уголъ равенъ 36° , то направленіе линіи АМ оцѣнивается такъ: „сѣверо-востокъ 36° “ и обозначается сокращенно СВ : 36° . Подобно этому направленіе линіи АМ₃, идущей изъ А между сѣверомъ и западомъ, называется сѣверо-западъ и оцѣнивается угломъ поворота NAM₃ отъ сѣвернаго направленія влѣво къ западу до направленія АМ₃; если этотъ уголъ равенъ 48° , то направленіе линіи АМ₃ называется сѣверо-западъ 48° и сокращенно СЗ : 48° . Далѣе направленіе линіи АМ₁ оцѣнивается угломъ поворота SAM₁ отъ южнаго направленія и называется юго-востокъ, такъ какъ идетъ между югомъ и востокомъ, напр. юго-востокъ 50° или ЮВ : 50° . Наконецъ направленіе АМ₂ будетъ называться юго-западъ и будетъ оцѣниваться угломъ SAM₂; если этотъ уголъ $= 40^\circ$, то направленіе АМ₂ называется юго-западъ 40° или ЮЗ : 40° .

Разсмотрѣнные углы поворотовъ отъ меридіана съ ихъ названіями, какъ то: СВ : 36° , СЗ : 48° , ЮВ : 50° , ЮЗ : 40° называются румбами линіи АМ, АМ₃, АМ₁, АМ₂. Слѣдовательно румбомъ линіи называется уголъ, считаемый отъ сѣвернаго или же южнаго направленія меридіана до нашей линіи; румбы считаются отъ 0° до 90° . Если линія идетъ прямо на сѣверъ, то ее румбъ называется „сѣверъ“; линія, идущая прямо на востокъ, имѣетъ румбъ „востокъ“ и т. д. *)

§ 46. Мѣры для избѣжанія ошибокъ въ названіяхъ румбовъ и въ направленіяхъ линій по заданнымъ румбамъ. Обратные румбы. Для правильнаго наименованія румбовъ линій мѣстности нужно имѣть въ виду слѣдующее.



Чер. 111.

Всякая линія АВ (чер. 111) на мѣстности или на бумагѣ имѣетъ 2 направленія — отъ А къ В и отъ В къ А; поэтому для оцѣнки румба линіи нужно себѣ ясно представлять, о которомъ направленіи ея идетъ рѣчь, а слѣдоват.—гдѣ начало и гдѣ конецъ линіи. Если линія идетъ отъ А къ В, то для оцѣнки ея румба прочерчиваемъ или проводимъ мысленно меридіанъ NS черезъ начало А линіи; затѣмъ вообразивъ себя стоящими въ точкѣ А лицомъ къ концу В, посмотримъ, къ которому направленію меридіана (къ N или къ S) ближе направленіе линіи. У насъ видимъ, что направленіе АВ ближе къ южному направленію, т. е. къ AS; поэтому въ

*) На старыхъ планахъ можно встрѣтить иностранныя обозначенія румбовъ; С (сѣверъ) обозначается черезъ N, ю (югъ)—черезъ S, В (востокъ)—черезъ O (Ost), З (западъ)—черезъ W (West). Поэтому указанные выше наши румбы (чер. 110) будутъ обозначены такъ: NO : 36° , NW : 48° , SO : 50° , SW : 40° .

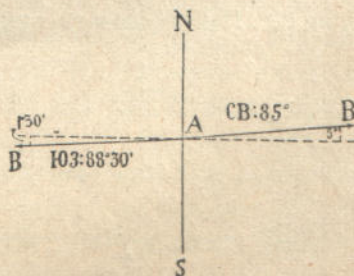
название румба будетъ входить слово „югъ“. Затѣмъ повернувшись лицомъ къ этому концу меридіана, т. е. къ югу, смотримъ, въ какую сторону отъ южнаго направленія повернута наша линія; у насъ она повернута отъ юга влѣво (если смотрѣть изъ точки А), т. е. къ востоку; слѣдоват. румбъ линіи, выражающійся угломъ $\angle S A B$, будетъ „юго—востокъ“, напр. Ю В : 65° .

Теперь, если нужно опредѣлить румбъ линіи, считая ее въ обратномъ направленіи, т. е. отъ В къ А, проведемъ или вообразимъ опять меридіанъ $N' S'$ черезъ новую начальную точку В линіи, и ставъ въ этой точкѣ лицомъ къ концу А ея, опредѣлимъ, къ какому направленію меридіана (къ N или къ S) ближе линія В А. Видимъ, что она ближе къ сѣверу; тогда глядя къ этому концу меридіана, замѣчаемъ, что наша линія повернута отъ сѣвернаго направленія влѣво, т. е. на западъ. Слѣдовательно румбъ линіи В А, выражаемый угломъ $\angle N B A$, будетъ „сѣверо—западъ“; по величинѣ онъ будетъ тоже 65° и изобразится С З : 65° ; ($\angle S A B = \angle N B A$, такъ какъ $N S \parallel N' S'$).

Такіе два румба одной и той же линіи, считаемыя въ двухъ противоположныхъ направленіяхъ ея, Ю В : 65° и С З : 65° , называются обратными другъ другу: названія такихъ румбовъ противоположны, въ нихъ нѣтъ одинаковыхъ буквъ; числовыя же величины обратныхъ румбовъ одинаковы.

Добавимъ, что при оцѣнкѣ румба линіи мы должны смотрѣть такъ, чтобы данное намъ направленіе линіи шло у насъ отъ меридіана, а не къ меридіану; такъ мы и дѣлали, считая направленіе линіи въ первомъ случаѣ отъ точки А, взятой на меридіанѣ $N S$, а второй разъ отъ точки В на меридіанѣ $N' S'$. Если же нашу точку стоянія мы взяли бы на линіи въ какой либо средней точкѣ D, черезъ которую проведемъ меридіанъ $n s$, то для оцѣнки направленія линіи А В отъ А къ В мы должны, ставъ въ точкѣ D, обратить вниманіе на часть линіи D В, идущую отъ насъ къ концу В, и тогда увидимъ, что румбъ линіи D В (или все равно—А В) будетъ выражаться угломъ $\angle s D B$ и будетъ по прежнему Ю В : 65° . Для оцѣнки же направленія В А, отъ В къ А, мы должны смотрѣть отъ точки D къ А; тогда увидимъ, что румбъ линіи D А (или все равно—В А) выразится угломъ $\angle n D A$ и будетъ равенъ, какъ и раньше, С З : 65° .

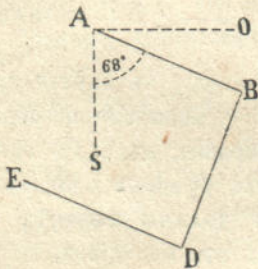
Для правильной оцѣнки румбовъ линій нужно помнить еще, что румбы считаются отъ сѣвера или юга, но не отъ востока или запада. Такимъ образомъ, если напримѣръ намъ извѣстно, что линія А В мѣстности (чер. 112) отклонена отъ восточнаго направленія къ сѣверу на 5° , то румбъ ея будетъ оцѣниваться не угломъ $\angle S A B$, а угломъ $\angle N A B$ и будетъ равенъ С В : 85° ; подобно этому если линія А В' отклонена отъ линіи запада къ югу на $1^\circ 30'$, то румбъ ея будетъ выражаться угломъ $\angle S A B'$ и будетъ равенъ Ю З : $88^\circ 30'$.



Чер. 112.

Перейдемъ теперь къ обратному вопросу: по данному названію румба линіи и величинѣ его провести линію черезъ данную на мѣстности точку (по крайней мѣрѣ—приблизительно). Данъ на примѣръ румбъ Ю В : 68° . Такъ какъ въ названіе румба входитъ „югъ“, то ставъ въ данной точкѣ лицомъ къ югу и поднявъ по направленію юга руку, обводимъ ею уголъ въ 68° отъ южнаго направленія въ сторону востока, т. е. влѣво (такъ какъ въ названіе румба входитъ „востокъ“); тогда и получимъ искомое направленіе.

Если требуется линію подъ румбомъ Ю В : 68° провести на бумагѣ изъ данной точки, то проведя либо воображая черезъ данную точку меридіанъ на югъ, поворачиваемъ линію отъ южнаго направленія въ сторону востока, т. е. къ правой сторонѣ листа бумаги (или классной доски) на уголъ 68° ; тогда и получимъ требуемое направленіе. Можно примѣнить еще такой приемъ на бумагѣ: если румбъ Ю В (юго—востокъ), то линія должна



Чер. 113.

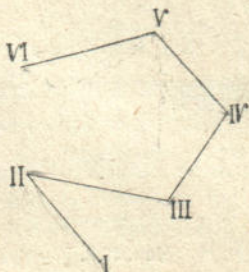
изъ данной точки идти между югомъ и востокомъ; поэтому имѣя въ виду, что изъ любой точки на бумагѣ линія А S на югъ (чер. 113) идетъ книзу, а линія А О на востокъ—вправо, мы должны нашу линію А В провести изъ А между А S и А О, т. е. внизъ и вправо. Если румбъ слѣдующей линіи есть Ю З (юго—западъ), то она изъ точки В пойдетъ по В D внизъ (на югъ) и налѣво (на западъ); если румбъ дальнѣй-

шей линіи изъ D есть С З (сѣверо—западъ), то она изъ D пойдетъ по D E вверхъ (на сѣверъ) и влѣво (на западъ).

Нужно еще помнить, что линія, румбъ которой напр. „сѣв.-востокъ“, не идетъ на бумагѣ или классной доскѣ отъ сѣвернаго (верхняго) края бумаги къ восточному (правому), а она около точки стоянія повернута отъ сѣвера въ сторону востока.

Упражнения: 1. Найти обратные румбы для слѣдующихъ: С З : 15° , Ю З : 25° , Ю В : $37\frac{1}{2}^\circ$, С В : 62° .

2. Линія отклонена а) отъ восточнаго направленія къ югу на 5° , б) отъ западнаго направленія къ сѣверу на $1^\circ 30'$, в) отъ западнаго направленія къ югу на 20° . Найти (назвать) румбы этихъ линій и прочертить линіи на бумагѣ.



Чер. 114.

3. Въ ломаной линіи I—II—III—VI (чер. 114) дать названіе румба для каждого отрѣзка (указавъ приблизительно и число градусовъ), считая все линіи по направленію возрастающихъ номеровъ. Сдѣлать то же самое для обратнаго направленія линій. N S—направленіе меридіана.

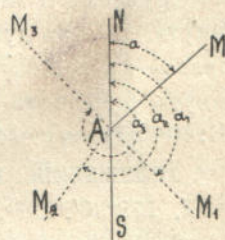
4. Показать на мѣстности линіи подъ румбами: Ю З : 10° , Ю З : 80° , Ю В : 30° ,

СЗ : 45°, СЗ : 5°, СВ : 85°; обвести румбы поднятой рукой, вращая ее от заправления меридиана до требуемого положенія.

5. Прочертить линии произвольной длины послѣдовательно одну за другой (т. е. такъ, чтобы конецъ 1-ой служилъ началомъ 2-й и т. д.) по слѣдующимъ послѣдовательнымъ румбамъ ихъ (откладывая величины румбовъ приблизительно): СЗ : 15°, СВ : 20°, ЮВ : 80°, СВ : 60°, ЮЗ : 20°, СЗ : 75°, ЮЗ : 65°.

§ 47. Азимуты линий. Переводъ азимутовъ въ румбы и обратно.

Направленіе линий относительно меридиана мѣста опредѣляется еще иначе— слѣдующимъ образомъ. Пусть АМ (чер. 115) линия на мѣстности, направленіе которой идетъ отъ данной точки А къ точкѣ М. Черезъ точку А вообразимъ меридианъ NS; тогда уголъ N A M опредѣлитъ направленіе линии АМ относительно меридиана; точно такъ же углы N A M₁, N A M₂, N A M₃, . . . , обведенные на чертежѣ дугами α₁, α₂, α₃, опредѣлятъ направленіе линий АМ₁, АМ₂, АМ₃, . . . , причемъ всѣ углы считаются слѣдующимъ образомъ: вообразимъ казую либо линію, совершающую полный оборотъ по часовой стрѣлкѣ около точки А, начиная отъ сѣвернаго направленія А N къ востоку и далѣе; эта линія постепенно пройдетъ черезъ всѣ положенія АМ, АМ₁, АМ₂, . . . и опишетъ указанные углы, которые могутъ имѣть всѣ значенія отъ 0° до 360°. Углы эти наз. азимутами линий АМ, АМ₁, АМ₂, . . .



Чер. 115.

По числу градусовъ въ азимутѣ какой либо линіи можно вполне опредѣленно провести эту линію изъ данной точки какъ на мѣстности, такъ и на бумагѣ; поэтому къ азимутамъ не требуется прибавлять никакихъ названій. Напр., чтобы провести линію, азимутъ которой 120°, направимъ сперва руку къ сѣверу (такъ какъ азимутъ считается отъ сѣвера); затѣмъ поворачиваемъ руку въ сторону востока и далѣе до 120°; тогда и получимъ искомое направленіе линіи. Если азимутъ данъ 350°, то направленіе линіи получимъ, описавъ такимъ же образомъ дугу въ 350° отъ сѣвера къ востоку и далѣе черезъ югъ и западъ, не доходя на 10° до полного оборота.

Переводъ азимутовъ въ румбы. Азимуты въ 1-ой четверти окружности, при поворотѣ линіи отъ сѣвера къ востоку отъ 0° до 90°, совпадаютъ по величинѣ съ румбами, такъ какъ и тѣ и другіе считаются здѣсь отъ сѣвера къ востоку; напр. если азимутъ 30° или 85°, то румбъ будетъ СВ : 30°, СВ : 85°. Если же азимутъ—ровно 90°, то румбъ будетъ „востокъ“. Если азимутъ заключается между 90° и 180°, то румбъ будетъ ЮВ и величина его будетъ равна числу градусовъ, на которое азимутъ не доходитъ до 180°; напр. если азимутъ=150°, то до 180° не хватаетъ 30°, и румбъ линіи будетъ ЮВ : 30°; если азимутъ 92°, то румбъ будетъ тоже ЮВ и по величинѣ равенъ 180°—92°=88°, т. е. румбъ будетъ ЮВ : 88°. Если азимутъ 180°, то румбъ будетъ „югъ“. Далѣе—если азимутъ заключается между 180° и

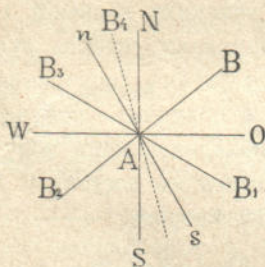
270°, то легко видѣть, что румбъ будетъ ЮЗ и по величинѣ будетъ равенъ числу градусовъ, на которое азимуть перешель за 180°; напр. если азимуть 265°, то румбъ будетъ ЮЗ : 85°. Если азимуть 270°, то румбъ будетъ „западъ“. Наконецъ, если азимуть заключается между 270° и 360°, то румбъ будетъ СЗ и будетъ равенъ числу градусовъ, недостающему въ азимуть до 360°; напр. если азимуть 300°, то румбъ будетъ СЗ : 60°; если азимуть 271°, то румбъ будетъ СЗ : 89° (гдѣ $89° = 360° - 271°$). При такомъ перечисленіи, понятно, румбы должны всегда получиться меньше 90°.

Обратный переводъ—румбовъ въ азимуты дѣлается слѣдующимъ образомъ. Когда данъ румбъ линіи, то для полученія азимута ея мы должны провести мысленно (или же приблизительно прочертить) линію подъ даннымъ румбомъ и затѣмъ оцѣниваемъ, сколько градусовъ будетъ въ дугѣ азимута, т. е. въ дугѣ, описанной поворотомъ отъ сѣвернаго направленія вправо—къ востоку и т. д. до нашей линіи. Напр. если румбъ ЮЗ : 50°, то азимуть перешель за 180° на 50° и будетъ равенъ 230°; если румбъ СВ : 40°, то азимуть 40°; если румбъ ЮВ : 86°, то азимуть $= 180° - 86° = 94°$, и т. д.

Упражненія. 1. Перечислить въ румбы слѣдующіе азимуты: 1°, 358°, 90°30', 178°30', 236°, 152°, 180°45', 267°, 273°, 310°.

2. Перечислить въ азимуты слѣдующіе румбы: ЮЗ : 35°, СВ : 10°, ЮВ : 82°, СЗ : 80°, ЮЗ : 81°.

§ 48. Опредѣленіе истинныхъ румбовъ и азимутовъ по магнитнымъ. Если румбы и азимуты считаются отъ географическаго меридіана, то они называются истинными; если же—отъ магнитнаго меридіана, то называются магнитными. Истинные румбы и азимуты будутъ отличаться



Чер. 116.

отъ магнитныхъ на величину склоненія стрѣлки, причемъ нужно каждый разъ имѣть въ виду, къ востоку или къ западу отходить сѣверный конецъ магнитной стрѣлки отъ сѣвернаго направленія географическаго меридіана. Разсмотримъ сперва нахождение истиннаго азимута по магнитному. Пусть NS (чер. 116)—географическій меридіанъ; NS'—магнитный меридіанъ; пусть склоненіе стрѣлки (т. е. $\angle N A n$) западное и равно 8°. Тогда истинный азимуть какой либо линіи АВ равенъ углу $\angle N A B$, а магнитный $= \angle n A B$; мы видимъ, что $\angle N A B = \angle n A B - \angle N A n = \angle n A B - 8°$; точно такъ же истинный азимуть линіи АВ₁, т. е. $\angle N A B_1 = \angle n A B_1 - 8°$. Такимъ образомъ, если склоненіе стрѣлки западное, то для полученія истинныхъ азимутовъ нужно склоненіе стрѣлки вычесть изъ магнитныхъ азимутовъ. Для линій же, лежащихъ въ углѣ $\angle N A n$, магнитный азимуть меньше 8°; пусть напр. магнитный азимуть линіи АВ₄, т. е. $\angle n A B_4 = 5°$; въ этомъ случаѣ нельзя вычесть изъ магнитнаго азимута 8° и истинный азимуть опредѣлится иначе: легко видѣть, что онъ равенъ $360° - \angle N A B = 360° - (8° - 5°) = 357°$.

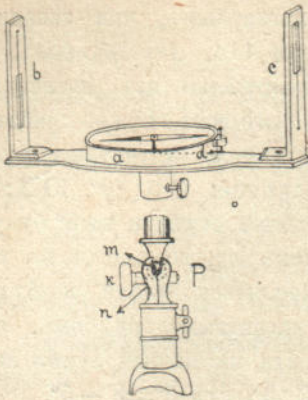
Чтобы опредѣлить истинные румбы по магнитнымъ, при западномъ склоненіи стрѣлки нужно, какъ видно изъ чертежа 114, для румбовъ СВ (сѣв.-вост.) и ЮЗ (юго-зап.) вычесть склоненіе стрѣлки изъ магнитныхъ румбовъ; для румбовъ же СЗ (сѣв.-зап.) и ЮВ (юго-вост.) нужно прибавить склоненіе стрѣлки къ магнитнымъ румбамъ. Такъ если магнитные румбы линий АВ, АВ₁, АВ₂, АВ₃, по порядку слѣдующіе: СВ:80°, ЮВ:35°, ЮЗ:82°, СЗ:37°, то истинные румбы при склоненіи стрѣлки въ 8° будутъ: СВ:72°, ЮВ:43°, ЮЗ:74°, СЗ:45°. Для точекъ же, лежащихъ въ углѣ между меридіанами, истинные румбы будутъ вычисляться иначе и будутъ равны разности между склоненіемъ стрѣлки и магнитнымъ румбомъ, причемъ и названіе румба измѣнится. Напримѣръ, если магнитный румбъ линий АВ есть СВ:5°, то истинный румбъ будетъ СЗ:3°, гдѣ 3°=8°—5°.

Если склоненіе стрѣлки не западное, а восточное, то правила перечисленія магнитныхъ азимутовъ и румбовъ нѣсколько измѣнятся: гдѣ склоненіе вычиталось, тамъ будетъ прибавляться и наоборотъ.

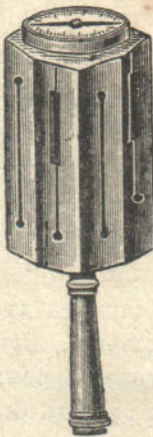
Подобно тому, какъ сейчасъ было сдѣлано вычисленіе истинныхъ азимутовъ и румбовъ по заданнымъ магнитнымъ, дѣлается и вычисленіе магнитныхъ азимутовъ и румбовъ одной эпохи по такимъ же угламъ другой эпохи, для чего нужно знать измѣненіе склоненія стрѣлки. Такія перечисленія приходится дѣлать, напр., при опредѣленіи границъ владѣній на основаніи стараго плана, на которомъ показаны магнитные румбы линий, относящіеся ко времени съемки плана.

§ 49. Буссоли. Измѣреніе румбовъ. Буссоли служатъ для опредѣненія магнитныхъ румбовъ или же азимутовъ линий мѣстности. Существуетъ нѣсколько видовъ буссолей; мы разсмотримъ такъ называемую обыкновенную буссоль съ діоптрами, затѣмъ буссоль Шмальнальдера и буссоль Стефана.

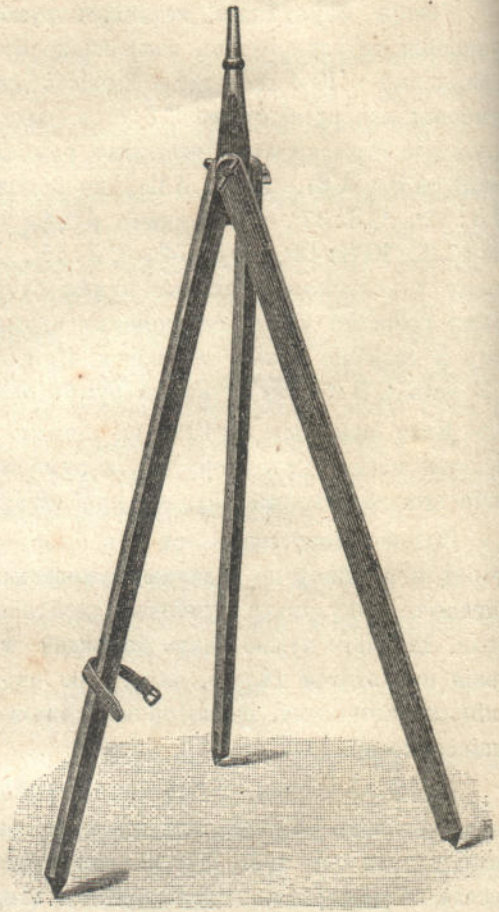
Буссоль обыкновенная состоитъ изъ коробки а (чер. 117), въ которой имѣется кольцо, раздѣленное на градусы; въ центрѣ кольца на остріи подвѣшена магнитная стрѣлка, концы которой подходятъ къ дѣленіямъ кольца. Коробка прикрыта стеклянной крышкой. Пластинка d служитъ для прижиманія стрѣлки къ стеклу во время переноса буссоли или по окончаніи работы. По сторонамъ коробки на особой линейкѣ укрѣплены два діоптра b и с. Внизу буссоли имѣется втулка для надѣванія на колъ или на особый штативъ, имѣющій три ножки (чер. 118). Для того чтобы буссоль можно было наклонять, устраивается внизу ея бакса Р; она состоитъ изъ клещей n, зажимающихъ „яблоко“ m съ помощью винта k; освободивъ слегка винтъ k, можемъ наклонять буссоль; но нужно признать, что установка буссоли съ помощью баксы очень хлопотлива, а потому бакса выходитъ изъ употребленія,—тѣмъ болѣе, что и сама буссоль, какъ отдѣльный инструментъ, рѣдко употребляется, чаще же всего она присоединяется сверху къ другимъ инструментамъ, служащимъ для точнаго измѣренія угловъ между линиями мѣстности; установка такихъ инструментовъ дѣлается особыми винтами,—какъ увидимъ въ дальнѣйшемъ. Иногда буссоль присоединяется и къ эккеру (чер. 119).



Чер. 117.



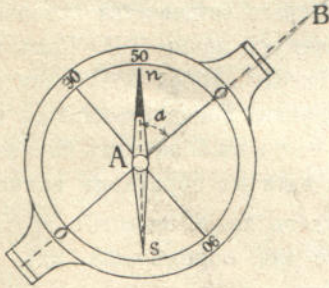
Чер. 119.



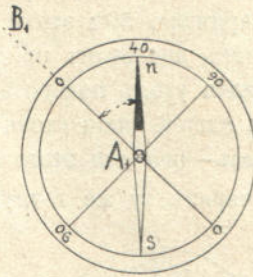
Чер. 118.

Если буссоль предназначена для отсчитыванія румбовъ линій, то дѣленія на кольцѣ наносятся слѣдующимъ образомъ: противъ обѣихъ діоптровъ стоятъ нули въ коллимаціонной плоскости діоптровъ (чер. 120), и дѣленія идутъ отъ нулей въ обѣ стороны до 90° ; линія, соединяющая нулевые дѣленія буссоли, называется нулевымъ діаметромъ ея. На чер. 120, и дальнѣйшихъ сѣверный конецъ стрѣлки обращенъ вверхъ, а южный внизъ согласно съ тѣмъ, что на планахъ сѣверъ и югъ располагаются такимъ именно образомъ.

Для измѣренія румба линіи АВ (чер. 120) буссолью ставятъ ее надъ точкой А такъ, чтобы кольцо съ дѣленіями было горизонтально, отпускаютъ стрѣлку и вращеніемъ буссоли наводятъ діоптры на точку В; тогда одинъ изъ нулей на кольцѣ будетъ обращенъ къ предмету, къ точкѣ В; затѣмъ когда стрѣлка успокоится, смотримъ изъ точки А (изъ центра кольца, изъ начала линіи) къ концу В линіи; тогда увидимъ, къ которому концу стрѣлки ближе линія АОВ, начинающаяся отъ А); у насъ она ближе къ п. Слѣдоват. въ названіе румба будетъ входить слово „сѣверъ“. Затѣмъ смотря изъ А къ концу п стрѣлки, замѣчаемъ, въ какую сторону отъ п (отъ сѣ-

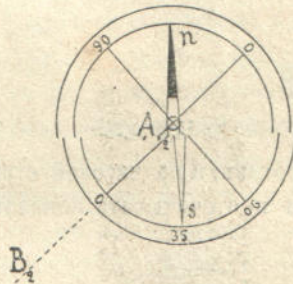


Чер. 120.



Чер. 121.

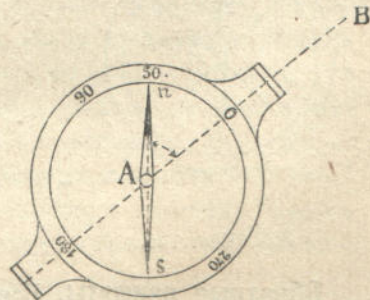
вера) отклонена линия AOB ; у насъ она отклонена вправо, т. е. къ востоку; слѣдоват. румбъ линіи AB будетъ „сѣверо-востокъ“ и будетъ измѣряться угломъ nAO . Тогда читаемъ дѣленіе на кольцѣ, указываемое разсматриваемымъ концомъ n стрѣлки; если это дѣленіе 50° , то дуга a содержитъ 30° , и румбъ нашей линіи $=CB:50^\circ$. Подобно этому на черт. 121 румбъ линіи A_1B_1 будетъ „сѣверо-западъ“ примѣрно $СЗ:40^\circ$, а на черт. 122 румбъ линіи A_2B_2 будетъ ЮЗ: 35° . Части градусовъ при отсчетѣ берутся на глазъ.



Чер. 122.

Для избѣжанія ошибокъ въ названіяхъ отсчитываемыхъ румбовъ линій не нужно смѣшивать направленіе, въ которомъ возрастаетъ надпись градусовъ на кольцѣ, съ направленіемъ возрастанія румбовъ: румбы возрастаютъ отъ точекъ сѣвера или юга (чер. 120—122) или на кольцѣ отъ точекъ n и s стрѣлки до нашей линіи, надпись же градусовъ возрастаетъ отъ 0, т. е. отъ нуля, обращеннаго къ предмету, до точекъ n и s .

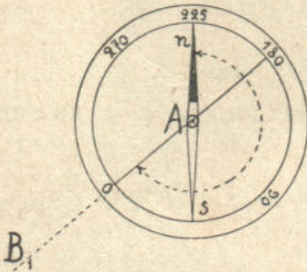
§ 50. Отсчитываніе азимутовъ на буссоли. Если буссоль предназначена для отсчитыванія азимутовъ, то дѣленія на кольцѣ буссоли поданы отъ 0° до 360° , причемъ 0° и 180° стоятъ въ коллимаціонной плоскости діоптровъ (чер. 123); линія, соединяющая дѣленія 0° и 180° , и здѣсь нулевымъ діаметромъ кольца; градусная надпись на кольцѣ должна идти противъ часовой стрѣлки. Для измѣренія азимута линіи AB этой буссолью устанавливаютъ ее надлежащимъ образомъ надъ точкой A и направляютъ діоптры на точку B ; при этомъ стараются, чтобы къ концу линіи, т. е. къ предмету B былъ обращенъ діоптръ, стоящій противъ нуля градусной подписи; тогда глазъ смотритъ противъ дѣленія 180° . Когда



Чер. 123.

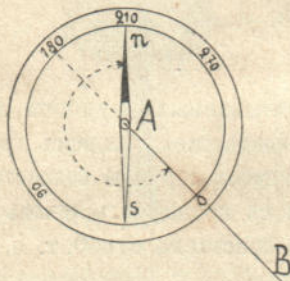
стрѣлка послѣ заведенія діоптровъ на точку В успокоится, то безъ всякихъ размысленій читають дѣленіе, противъ котораго остановится сѣверный конецъ стрѣлки, напримѣръ 50° ; это и будетъ азимуть линіи АВ. Какъ видно изъ чертежа, у насъ при этомъ приѣмѣ азимуть самъ собой получился правильно, т. е. получился уголъ поворота отъ сѣвернаго конца стрѣлки къ востоку до направленія нашей линіи (хотя надпись идетъ въ обратномъ направленіи, или лучше сказать—она для этого и должна идти въ обратномъ направленіи).

Если черезъ ту же точку А проходятъ линіи, имѣющія другія направленія, то для опредѣленія ихъ азимутовъ достаточно повернуть діоптры по направленію линій „нулемъ къ предмету“ и прочитатъ каждый разъ показаніе сѣвернаго конца стрѣлки. Напр. азимуть линіи АВ₁ (чер. 124) выйдетъ между 180° и 270° , какъ показываетъ сѣверный конецъ стрѣлки, примѣрно 225° ; обведенная пунктиромъ дуга поясняетъ правильность нашего отсчета.



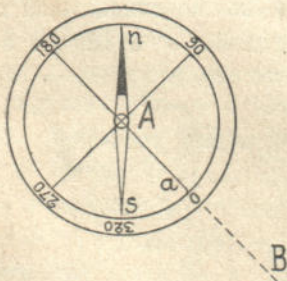
Чер. 124.

Если дѣленія на кольцѣ буссоли идутъ не противъ, а по часовой стрѣлкѣ, то мы по прежнему будемъ наводить діоптры и отсчитывать показаніе сѣвернаго конца стрѣлки, но мы при этомъ будемъ получать не азимуты, а дополненія ихъ до 360° , какъ и показано на чер. 125; здѣсь отсчетъ равенъ, напр. 210° ; для полученія же азимута необходимо этотъ отсчетъ вычесть изъ 360° , т. е. азимуть линіи АВ или $\angle nAB$ будетъ равенъ 150° , такъ какъ азимуты линій всегда считаются отъ сѣвернаго конца стрѣлки вправо. При работѣ буссолью для опредѣленія азимутовъ нужно всегда обращать вниманіе на направленіе градусной подписи.



Чер. 125.

Азимутальнымъ кольцомъ, т. е. кольцомъ, имѣющимъ дѣленія отъ 0° до 360° , можно пользоваться и для отсчитыванія румбовъ; въ такомъ случаѣ отсчитываютъ число дѣленій, заключающееся между концомъ стрѣлки и нулемъ, обращеннымъ къ предмету; напр. на черт. 126 румбъ линіи АВ измѣряется числомъ градусовъ въ дугѣ а s; если здѣсь конецъ s стрѣлки показываетъ 320° , то румбъ линіи АВ равенъ Ю В: 40° , при чемъ $40^\circ = 360^\circ - 320^\circ$.

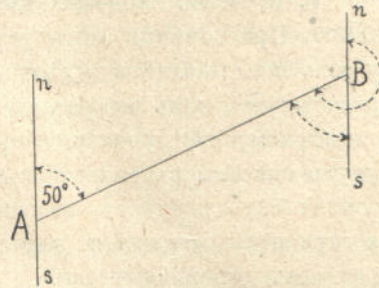


Чер. 126.

Обратные азимуты. Всякую линію АВ (чер. 127) при опредѣленіи азимутовъ, подобно тому какъ и при опредѣленіи румбовъ, можно считать

двухъ направленихъ: отъ А къ В и отъ В къ А, т. е. азимуть линіи АВ можетъ быть опредѣленъ съ двухъ концовъ ея, въ обоихъ случаяхъ мы получаемъ не тождественные результаты.

Напр., если буссоль стоитъ въ точкѣ А и мы опредѣляемъ направление линіи отъ А къ В, то найдемъ, что азимуть линіи АВ будетъ 50°. Если же станемъ въ точкѣ В, азимуть линіи ВА, считая отъ В къ А, будетъ $180^\circ + 50^\circ = 230^\circ$, т. е. оба азимута различаются одинъ отъ другого на 180°. Если азимуть линіи АВ, считая ея направлениемъ отъ А къ В, примемъ за „прямой“, то азимуть для направлениа отъ В къ А будетъ наз. обратнымъ.



Чер. 127.

§ 51. Установка буссоли при работѣ. При измѣрениі румбовъ или азимутовъ буссоль ставится надъ точкой линіи. Эта установка дѣлается въ большинствѣ случаевъ на глазъ, если только буссоль не присоединена къ какому болѣе точному прибору, требующему установки надъ точкой по отвѣсу. Можно и буссоль устанавливать по отвѣсу; отвѣсъ привѣшивается къ концу треножника, и продолженіе нити его проходитъ черезъ центръ кольца буссоли: при этомъ гирька отвѣса должна попасть въ точку линіи. Если буссоль надѣвается на колъ, то установка буссоли на линіи дѣлается посредствомъ втыканіемъ кола въ точкѣ нашей линіи.

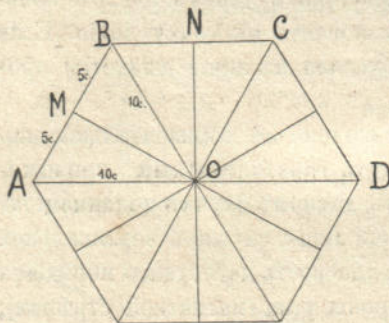
Затѣмъ кольцо буссоли должно быть приведено въ горизонтальное положеніе, такъ какъ мы должны на немъ считать горизонтальныя проложенія угловъ, т. е. румбы и азимуты; именно, въ данномъ случаѣ коллимаціонная плоскость діоптровъ, направленная по данной линіи, служитъ вертикальной пролагающей плоскостью одной стороны угла, а плоскость магнитнаго меридіана служитъ пролагающей плоскостью другой стороны угла (магнитной стрѣлки); эти двѣ плоскости даютъ на плоскости кольца двѣ линіи, которыя и образуютъ горизонтальное проложеніе нашего угла. Приведеніе кольца буссоли въ горизонтальное положеніе дѣлается слѣдующимъ образомъ. Если буссоль не имѣетъ особаго прибора, служащаго для этой цѣли*), то кольцо приводится въ горизонтальное положеніе по стрѣлкѣ буссоли; именно, такъ какъ стрѣлка исправной буссоли стоитъ горизонтально, т. е. уравновѣшена на остриі, наклоняемъ буссоль до тѣхъ поръ, пока оба конца стрѣлки не будутъ одинаково приближены къ кольцу буссоли; этимъ мы достигаемъ того, что стрѣлка не будетъ имѣть наклоненія на сѣверной и южной своей сторонѣ; стрѣлка можетъ быть еще наклонена восточнымъ или западнымъ своимъ краемъ. Для повѣрки этого раскачиваемъ слегка стрѣлку въ горизонтальной плоскости, поднося къ ней какой либо желѣзный предметъ, и смотримъ, ходятъ ли оба конца стрѣлки одинаково близко къ поверхности кольца съ дѣвленіями.

*) Приборъ такой называется „уровнемъ“; теорія и употребленіе уровней будутъ изложены ниже.

§ 52. Повѣрки буссоли. Въ обыкновенной буссоли должны соблюдены слѣдующія условія.

1. Дѣленія кольца должны быть вѣрны, т. е. равны между собою. При повѣркѣ этого условія будемъ различать два случая: 1) когда буссоль представляетъ отдѣльный самостоятельный приборъ и 2) когда присоединена, какъ это въ большинствѣ случаевъ бываетъ, къ другому угломерному инструменту, напр. къ астролябии или къ теодолиту, которые будутъ описаны въ дальнѣйшемъ. Повѣрка дѣленій кольца буссоли въ этомъ второмъ случаѣ будетъ изложена при описаніи упомянутыхъ угломерныхъ инструментовъ, точныя и вывѣренные дѣленія которыхъ помогаютъ легко проверить дѣленія буссоли.

Если же буссоль представляетъ отдѣльный самостоятельный приборъ, то для повѣрки ея дѣленій построимъ на мѣстности вокругъ одной точки нѣсколько равныхъ угловъ, пользуясь лентой (если не примѣнять специального угломернаго инструмента); для этого строимъ, напр., равные равнобедренные Δ -ки OAB , OBC и т. д. (чер. 128) со сторонами 10 с. и ставимъ вѣхи въ точкахъ A, B, C, D, \dots ; углы AOB, BOC, \dots получатся въ 60° , какъ углы равнобедренныхъ Δ -ковъ. Выставивъ еще вѣхи въ точкахъ M, N, \dots на серединѣ линий AB, BC, \dots , увеличимъ число равныхъ угловъ кругомъ точки O вдвое, причемъ каждый уголъ будетъ равенъ 30° . Затѣмъ установивъ повѣряемую буссоль въ точкѣ O , вводимъ діоптры ея по линіи OA и замѣчаемъ отсчетъ по стрѣлкѣ; если по обоимъ концамъ стрѣлки будутъ получаться не одинаковыя цифры единицъ, то для числа единицъ въ отсчетѣ беремъ ихъ полусумму по обоимъ концамъ (см. повѣрку 5); получивъ такимъ образомъ румбъ или азимуть линіи



Чер. 128.

OA . Затѣмъ поворачиваемъ буссоль, наводимъ діоптры по линіи OM и замѣчаемъ новый отсчетъ по стрѣлкѣ. По отклоненію стрѣлки отъ прежняго отсчета можемъ оцѣнить число градусовъ въ углѣ поворота буссоли, т. е. въ углѣ AOM . Затѣмъ наведемъ далѣе послѣдовательно діоптры на точки B, N, C и т. д. и, замѣчая каждый разъ отсчеты по стрѣлкѣ, можемъ оцѣнить получающееся число градусовъ въ углахъ поворота. Такъ какъ на мѣстности построены углы равные между собою, то въ случаѣ вѣрныхъ дѣленій кольца мы должны получить для всѣхъ угловъ, измеряемыхъ съ помощью стрѣлки на разныхъ частяхъ кольца, одно и то же число градусовъ. Это и будетъ служить повѣркой дѣленій кольца. Конечно можно построить кругомъ точки O еще болѣе мелкіе равные углы. Но въ малыхъ углахъ не можетъ быть обнаружена значительная разница. Поэтому полезно даже и указанные выше углы соединять по нѣскольку вмѣстѣ

огда въ случаѣ невѣрныхъ дѣленій скорѣе обнаружится замѣтная разница въ измѣреніяхъ угловъ. Рекомендуемый иногда въ учебникахъ способъ повѣрки кольца съ помощью циркуля не достигаетъ цѣли, такъ какъ могущая встрѣтиться ошибка въ дѣленіяхъ кольца не настолько груба, чтобы могла быть обнаружена циркулемъ.

2. Коробка буссоли не должна содержать въ себѣ желѣза, такъ какъ желѣзо, попавшее въ буссоль, можетъ отклонять стрѣлку отъ ея положенія, т. е. отъ плоскости магнитнаго меридіана то въ ту, то въ другую сторону:

Чтобы узнать, нѣтъ ли въ буссоли желѣза, вынимаютъ стрѣлку изъ буссоли, ставятъ ее на какое либо остріе и, когда стрѣлка успокоится, подносятъ къ ней буссоль (безъ стрѣлки) разными сторонами; если при этомъ стрѣлка будетъ оставаться въ покоѣ, то въ коробкѣ нѣтъ желѣза.

3. Магнитная стрѣлка должна быть уравновѣшена, т. е. поставленная на остріи должна занять горизонтальное положеніе.

Чтобы узнать, уравновѣшена ли стрѣлка, приводимъ кольцо буссоли въ горизонтальное положеніе съ помощью особаго круглаго уровня, который ставится на крышку буссоли (круглый уровень будетъ описанъ ниже); затѣмъ смотримъ, на одинаковомъ ли разстояніи стоятъ концы стрѣлки надъ поверхностью кольца; если окажется, что одинъ изъ нихъ приподнятъ выше, то на немъ налѣпляется немного сургуча или воска, покамѣстъ требуемое условіе не будетъ выполнено (воскъ въ жаркое время таетъ, а по этому удобнѣе сургучъ).

4. Шпиль буссоли, на который ставится стрѣлка, долженъ быть достаточно остръ, камень стрѣлки хорошо отшлифованъ и сама стрѣлка хорошо намагничена.

Выполненіе этого условія нужно для того, чтобы треніе, могущее произойти между остріемъ шпиля и камнемъ стрѣлки—при тупомъ шпилѣ и плохо отшлифованномъ камнѣ, не задержало стрѣлку прибора въ положеніи, отклоняющемся отъ плоскости магнитнаго меридіана. Затѣмъ стрѣлка должна быть хорошо намагничена для того, чтобы скоро успокаивалась и легче преодолевала при своей установкѣ въ плоскости магнитнаго меридіана небольшое треніе, остающееся между остріемъ и камнемъ.

Разсматриваемое условіе состоитъ изъ 3-хъ частей, и всѣ онѣ повѣряются однимъ дѣйствіемъ: именно—приводимъ буссоль въ горизонтальное положеніе и замѣчаемъ показаніе конца стрѣлки; затѣмъ отводимъ стрѣлку въ сторону желѣзомъ; если послѣ этого стрѣлка быстро успокоится и притомъ покажетъ прежнее дѣленіе, то условіе 4-е выполнено. Эту повѣрку для большей достовѣрности нужно повторить нѣсколько разъ. Замѣтимъ, что эта повѣрка чаще всего должна производиться при работѣ буссолью. Обычныя повѣрки производятся рѣже, а нѣкоторыя всего одинъ разъ—при работѣ буссоли (условіе 1 и 2). Если при повѣркѣ 4-го условія окажется, что стрѣлка, выведенная изъ своего положенія, не остановится на преж-

немъ дѣленіи, то это значитъ, что стрѣлку задержало треніе между остриемъ шпиль и камнемъ, а потому шпиль нужно подточить, вынувъ его изъ коробки, на оселкѣ; затѣмъ камень прочищается, напр. заостреннымъ концомъ спички, и если при разсматриваніи въ лупу на немъ будутъ замѣчены царапины, то онъ долженъ быть отданъ для шлифовки.

Если стрѣлка, будучи выведена изъ ея положенія, хотя и вернется на прежнее дѣленіе, но будетъ долго качаться, то это доказываетъ, что она слабо намагничена, а потому должна быть вынута изъ коробки и намагничена вновь указаннымъ выше способомъ. (Закрѣпленную стрѣлку можно намагничивать и черезъ стекло крышки).

5. Стрѣлка не должна имѣть эксцентрицитета (внѣцентренности), т. е. должна вращаться на острии въ центрѣ кольца съ дѣленіями.

Скажемъ сперва, какъ дѣлается эта повѣрка, а затѣмъ дадимъ объясненіе, почему такъ дѣлается.

Для выполненія повѣрки приведемъ буссоль въ горизонтальное положеніе и, давъ стрѣлкѣ успокоиться, смотримъ, каковы отсчеты единицъ градусовъ по обоимъ концамъ стрѣлки (наводитъ диоптры при повѣркѣ не надо). Если единицы градусовъ и части градусовъ по обоимъ концамъ стрѣлки одинаковы, то эксцентрицитета нѣтъ—для даннаго положенія буссоли. Намы должны продѣлать то же въ другихъ положеніяхъ буссоли—при другихъ отсчетахъ на кольцѣ; поэтому поворачиваемъ постепенно буссоль около вертикальной оси: если при этомъ при каждомъ новомъ положеніи буссоли отсчеты единицъ градусовъ по обоимъ концамъ стрѣлки будутъ равны между собою, то стрѣлка не имѣетъ эксцентрицитета. Замѣтимъ, что если кольцо румбическое (т. е. съ дѣленіями отъ двухъ нулей въ обѣ стороны до 90°), то при отсутствіи эксцентрицитета не только единицы, но и десятки градусовъ въ отсчетахъ будутъ одинаковы; если же кольцо азимутальное (съ дѣленіями отъ 0° до 360°), то отсчеты по обоимъ концамъ стрѣлки будутъ отличаться ровно на 180° ; напр. если по одному концу 32° , то по другому 212° , т. е. единицы одинаковы.

Если же единицы отсчетовъ по обоимъ концамъ стрѣлки окажутся неодинаковы, то стрѣлка имѣетъ эксцентрицитетъ. Если разница большая (въ нѣсколько градусовъ), то нужно отдать буссоль въ починку механику (или самому попытаться наклонить шпиль буссоли къ центру кольца). Если же разница небольшая (меньше градуса), то обыкновенно буссоль не исправляютъ, а поправляютъ получаемые отсчеты; именно тогда для полученія вѣрнаго отсчета нужно число единицъ градусовъ взять среднее изъ показаній обоихъ концовъ стрѣлки, т. е. взять полусумму единицъ. Напр., если при опредѣленіи румба мы получили по южному концу стрѣлки ЮВ: $48^\circ 30'$, а сѣверный конецъ показалъ 48° , то вѣрный румбъ будетъ ЮВ: $48^\circ 15'$. Если при опредѣленіи азимута сѣверный конецъ стрѣлки, по которому читается азимуть, показалъ $135^\circ 20'$, а южный конецъ показалъ число единицъ градусовъ не $5^\circ 20'$, а 6° (т. е. весь отсчетъ

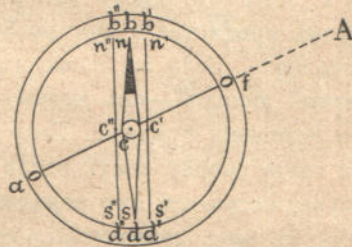
по южному концу оказался $180^\circ + 136^\circ = 216^\circ$), то вѣрное число единиц будетъ $\frac{5^\circ 20' + 6^\circ}{2} = 5^\circ 40'$, а азимуть будетъ $135^\circ 40'$.

Замѣтимъ, что разница въ единицахъ отсчетовъ по обоимъ концамъ стрѣлки при существованіи эксцентрицитета не будетъ одинакова при разныхъ положеніяхъ буссоли; будетъ и такое положеніе, когда стрѣлка пройдетъ своимъ направлениемъ черезъ центръ кольца,—тогда единицы отсчетовъ сравняются.

При этой повѣркѣ мы смотрѣли только на единицы отсчетовъ потому, что грубой ошибкой, которая вліяла бы на десятки не бываетъ. Но нужно обратить вниманіе на слѣдующій особенный случай отсчетовъ: положимъ, по сѣверному концу получили 40° , а по южному 39° ; получилась разница и въ десяткахъ; тогда истинное показаніе стрѣлки будетъ = 3 десяткамъ + $\frac{10^\circ + 9^\circ}{2} = 39\frac{1}{2}^\circ$, или $\frac{40^\circ + 39^\circ}{2}$. Здѣсь нельзя было бы брать полусумму единицъ, т. е. $\frac{0^\circ + 9^\circ}{2}$.

Объясненіе изложеннаго способа повѣрки эксцентрицитета стрѣлки слѣдующее.

Если стрѣлка ns (чер. 129) стоитъ на остриі точно въ центрѣ с кольца буссоли, приведеннаго въ горизонтальное положеніе, то продольная ось стрѣлки идетъ по направленію какого либо діаметра кольца, а потому она дѣлитъ окружность кольца на двѣ равныя части; въ каждой части будетъ по 180° ; тогда числа дѣленій, указываемыя сѣвернымъ и южнымъ концами стрѣлки, будутъ отличаться другъ отъ друга ровно на 180° , а потому единицы въ обоихъ отсчетахъ и будутъ одинаковы. Это будетъ соблюдаться при поворачиваніи буссоли на оси по разнымъ направленіямъ. Если же стрѣлка $n's'$ стояла бы на остриі въ точкѣ c' , то дуга $b'fd' <$ дуги $b'ad'$, и отсчеты въ концамъ n' и s' , какъ отличающіеся не на 180° , т. е. не на цѣлое число десятковъ градусовъ, не будутъ имѣть одинаковаго числа единицъ.



Чер. 129.

Это будетъ соблюдаться при поворачиваніи буссоли на оси по разнымъ направленіямъ. Если же стрѣлка $n's'$ стояла бы на остриі въ точкѣ c' , то дуга $b'fd' <$ дуги $b'ad'$, и отсчеты въ концамъ n' и s' , какъ отличающіеся не на 180° , т. е. не на цѣлое число десятковъ градусовъ, не будутъ имѣть одинаковаго числа единицъ.

Посмотримъ теперь, почему для полученія вѣрнаго отсчета при существованіи эксцентрицитета берется для единицъ полусумма единицъ обоихъ отсчетовъ. Возьмемъ сперва случай, когда стрѣлка ns стоитъ въ центрѣ с кольца; af —нулевой діаметръ; тогда при наведеніи этого діаметра на точку A мы получимъ, что азимуть линіи sA будетъ равенъ углу $fc b$, и въ немъ будетъ столько градусовъ, сколько въ дугѣ fb , такъ какъ центральный уголъ $fc b$ измѣняется своей дугой; при этомъ и дуга $ad =$ дугѣ fb . Если же стрѣлка была бы установлена на остриі не въ центрѣ c , а въ точкѣ c' въ положеніи $n's'$, то ее сѣверный конецъ показалъ бы дугу fb' , которая меньше вѣрной дуги fb , а южный конецъ показалъ бы дугу ad' , которая больше дуги ad или fb ;

тогда уголъ, дающій румбъ или азимуть, т. е. $\angle b'c'f'$ между направле-
 стрѣлки и нашей линіи, какъ имѣющій вершину не въ центрѣ круга, бу-
 деть измѣряться полусуммой дугъ fb' и ad' ; мы же для краткости беремъ
 только полусумму единицъ, такъ какъ десятки одинаковы. При положеніи
 шпильки въ точкѣ c'' мы для той же линіи cA получили бы по концу
 отсчетъ fb'' , болѣе истиннаго, а по концу s'' получили бы дугу as'' —
 меньше истинной, и здѣсь вѣрную оцѣнку угла между стрѣлкой $n''s''$ и
 линіей cA , т. е. оцѣнку азимута линіи cA получимъ, взявъ полусумму дугъ
 fb'' и ad'' ; эта полусумма будетъ равна дугѣ fb .

Такимъ образомъ, взявъ полусумму отсчетовъ отъ обоихъ концовъ
 левого діаметра до обоихъ концовъ стрѣлки, или для краткости взявъ по-
 лусумму единицъ, мы освобождаемъ отсчетъ отъ вліянія эксцентрицитата
 т. е. получаемъ такой отсчетъ, какой былъ бы при положеніи стрѣлки какъ
 разъ въ центрѣ кольца.

6. Коллимаціонная плоскость діоптровъ должна быть перпендикулярна къ плоскости кольца буссоли.

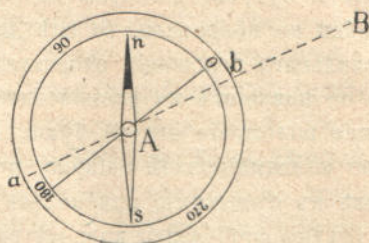
Это условіе повѣряется слѣдующимъ образомъ. Приводимъ кольцо въ
 горизонтальное положеніе, ставя на крышку буссоли круглый уровень, или
 же по стрѣлкѣ, наводимъ діоптры на повѣшенный не вдалекѣ шнуръ отвѣ-
 са и смотримъ черезъ разныя мѣста глазного діоптра на шнуръ; если во-
 лосокъ предметнаго діоптра будетъ постоянно покрывать шнуръ, то условіе
 выполнено. Если же волосокъ пересѣкаетъ шнуръ, то невѣрно стоитъ пред-
 метный діоптръ,—онъ можетъ быть поправленъ подкладываніемъ подъ край
 его основанія бумажки. Если затѣмъ окажется, что волосокъ—при опуска-
 ніи глаза сверху внизъ вдоль прорѣза глазного діоптра—все удаляется отъ
 шнура, оставаясь ему параллельнымъ, то невѣрно стоитъ глазной діоптръ и
 долженъ быть поправленъ, какъ и предметный. Положимъ, наконецъ, что
 волосокъ при опусканіи глаза то удаляется отъ шнура, то приближается къ
 нему: тогда прорѣзъ глазного діоптра не представляетъ прямой линіи, и та-
 кой діоптръ не годенъ къ употребленію.

Если діоптры прикрѣплены наглухо при буссоли (на шарнирахъ), т. е.
 не снимаются, то упомянутое выше подкладываніе бумажки нельзя сдѣлать,
 и буссоль нужно отдать для починки механику.

7. Коллимаціонная плоскость діоптровъ должна проходить по нулевому діаметру кольца, или иначе—буссоль не должна имѣть коллимаціонной ошибки.

Выполненіе этого условія нужно потому, что при измѣреніи азимутовъ
 или румбовъ мы наводимъ по нашей линіи коллимаціонную плоскость діоп-
 тровъ, уголъ же отсчитываемъ между нулевымъ діаметромъ кольца и стрѣлкой;
 этотъ уголъ будетъ равенъ углу между нашей линіей AB и стрѣлкой въ
 томъ только случаѣ, если нулевой діаметръ совпадаетъ съ направле-
 ніемъ линіи AB или, что то же—съ коллимаціонной плоскостью діоптровъ. Если
 же нулевой діаметръ не лежитъ въ плоскости діоптровъ, какъ на чер. 130,

то мы получим по стрѣлкѣ отчетъ, выражающій уголъ $\angle AOB$, между тѣмъ какъ азимуть линіи АВ есть уголъ $\angle AOB$. Разница между этими двумя углами, представляющая уголъ $\angle AOB$ между коллимаціонной плоскостью ab діоптровъ и нулевымъ діаметромъ кольца, наз. коллимаціонной ошибкой буссоли; эта ошибка такимъ образомъ показываетъ, на сколько коллимаціонная плоскость діоптровъ расположена не вѣрно относительно нулевого діаметра кольца.



Чер. 130.

Для повѣрки, нѣтъ ли въ буссоли коллимаціонной ошибки, натягиваемъ сквозь діоптры въ коллимаціонной плоскости ихъ надъ кольцомъ нить или волосокъ и смотримъ сверху, передвигая глазъ, покрываетъ ли нить одновременно дѣленія 0° и 180° на кольцѣ буссоли при нѣкоторомъ положеніи глаза. Если не покрываетъ, то можемъ по дѣленіямъ кольца оцѣнить уголъ между нитью, т. е. коллимаціонной плоскостью діоптровъ и нулевымъ діаметромъ кольца. Напр. пусть нить (проходящая черезъ центръ А кольца) покрываетъ въ азимутальномъ кольцѣ дѣленія 179° у точки а (чер. 130) и 181° у точки b; тогда уголъ $\angle AOB$ или коллимаціонная ошибка равна 1° . Позвѣстно, что если глазъ поставимъ такъ (правѣ), чтобы нить попала на дѣленіе 0° , то другой конецъ нити попадетъ на 178° , т. е. не дойдетъ на 2, до 180° ; но—коллимаціонная ошибка опредѣлится тоже въ 1° , такъ какъ теперь уголъ между нитью и нулевымъ діаметромъ будетъ угломъ, вписаннымъ въ кругъ, а не центральнымъ.

Если діоптры находятся внизу буссоли, напр. если буссоль укрѣплена на цилиндрическомъ эскерѣ, то снявъ крышку съ буссоли, укрѣпляемъ съ помощью воска двѣ булавки въ точкахъ 0° и 180° перпендикулярно къ кольцу (что можно провѣрить отвѣсомъ); затѣмъ вращеніемъ буссоли наводимъ булавки на какую либо точку: такимъ образомъ нулевой діаметръ кольца будетъ непосредственно наведенъ на эту точку. Тогда смотримъ, покрываютъ ли діоптры буссоли ту же точку; если не покрываютъ, то можемъ по стрѣлкѣ замѣтить число дѣленій, на которое нужно повернуть приборъ, чтобы плоскость діоптровъ совпала съ той же точкой предмета. Такимъ образомъ найдемъ величину коллимаціонной ошибки. Если же и поставленныя булавки и діоптры одновременно попали бы на одну и ту же точку, то коллимаціонной ошибки нѣтъ. Укрѣпленіе булавокъ на концахъ нулевого діаметра дѣлается слѣдующимъ образомъ: скатавъ небольшой шарикъ изъ воска, протыкаемъ его въ рукахъ булавкой насквозь и тогда эти булавки можемъ точно поставить на требуемую черту 0° или 180° ; затѣмъ держа булавку вертикально, сдвигаемъ шарикъ по булавокѣ внизъ и прижимаемъ къ кольцу буссоли, стараясь, чтобы булавка стала перпендикулярно къ кольцу.

Въ случаѣ существованія въ буссоли коллимаціонной ошибки всѣ отсчеты будутъ ошибочны на одну и ту же величину, и если бы мы эти ошибки не поправили, то всѣ линіи на планѣ были бы повернуты отъ ихъ правильного положенія относительно странъ свѣта на одинъ и тотъ же уголъ; это не повліяетъ на расположеніе отдѣльныхъ частей чертежа, а только на общее положеніе его на бумагѣ. Исправить буссоль такъ, чтобы въ ней не было коллимаціонной ошибки, мы не можемъ, а должны лишь дѣлать поправки въ отсчетахъ, прибавлять или вычитать коллимаціонную ошибку, что не трудно сообразить каждый разъ, если извѣстно, въ какую сторону отъ нулевого діаметра отклонена плоскость діоптровъ. Впрочемъ иногда буссоли устриваются съ передвижнымъ кольцомъ; въ такомъ случаѣ коллимаціонная ошибка можетъ быть уничтожена вращеніемъ кольца въ коробкѣ.

8. Ось вращенія всей буссоли (напр. ось втулки) должна быть перпендикулярна къ плоскости кольца.

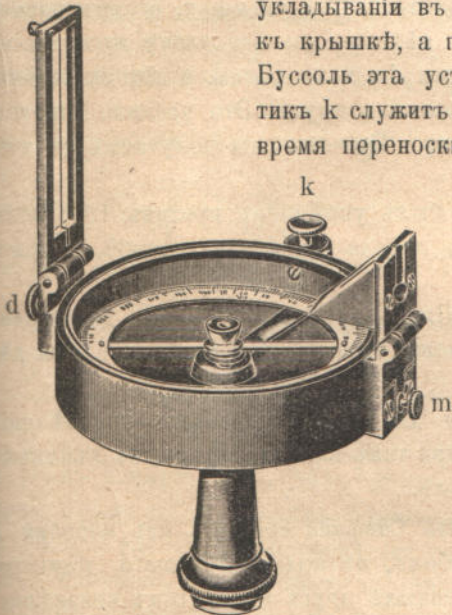
Для повѣрки ставимъ на крышку буссоли круглый уровень и, приведя буссоль въ горизонтальное положеніе, вращаемъ ее на оси. Если пузырькъ уровня не будетъ сходить съ середины, то условіе 8 выполнено. Въ противномъ случаѣ буссоль должна быть отдана для починки механику.

9. Если діоптры въ буссоли двойные—верхніе и нижніе, то коллимаціонныя плоскости ихъ должны совпадать. Повѣряется это такъ же, какъ въ экерѣ. Въ случаѣ совпаденія верхнихъ и нижнихъ діоптровъ можно при употребленіи буссоли для измѣренія румбовъ пользоваться тѣми или другими діоптрами безразлично. На этомъ основаніи можно и самую повѣрку выполнять еще иначе, именно слѣдующимъ образомъ: наводимъ напр. верхніе діоптры на какую либо точку и замѣчаемъ отсчетъ по стрѣлкѣ (румбъ); затѣмъ вращаемъ буссоль на полоборота и наводимъ нижніе діоптры на ту же точку. Если получимъ прежній отсчетъ, то коллимаціонныя плоскости верхнихъ и нижнихъ діоптровъ совпадаютъ.

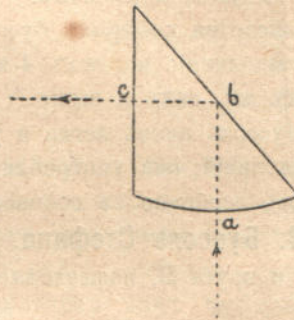
§ 53. Буссоль Шмалькальдера. Буссоль Шмалькальдера (чер. 131) имѣетъ ту особенность, что въ ней кольцо съ дѣленіями дѣлается очень легкимъ и прикрѣпляется къ стрѣлкѣ, такъ что вращается на остріи вмѣстѣ со стрѣлкой внутри коробки. Дѣленія на кольцо идутъ по часовой стрѣлкѣ отъ 0° до 360°; нулевой діаметръ совпадаетъ съ осью стрѣлки; у южнаго конца стрѣлки находится нуль, у сѣвернаго—180°. Глазной діоптръ здѣсь короткій; въ нижней части его укрѣплена 3-угольная стеклянная призма, у которой сторона, обращенная книзу, къ кольцу съ дѣленіями, сдѣлана выпуклой; на чер. 132 показано сѣченіе призмы плоскостью, перпендикулярной къ ребрамъ; лучи свѣта, идущіе отъ кольца съ дѣленіями по направленію *a b*, отражаются отъ грани *b* *) и попадаютъ въ глазъ по направленію *b c*; цифры, расположенныя на кольцѣ горизонтально, представляются намъ, если смотрѣть отъ точки *c*, въ вертикальномъ положеніи и при томъ въ увеличенномъ видѣ: увеличеніе производитъ нижняя выпуклая грань

*) Здѣсь происходитъ такъ наз. „полное внутреннее отраженіе“.

призмы. Чтобы дѣленія кольца можно было отчетливѣе видѣть—для различныхъ глазъ, дѣлаютъ глазной діоптръ выдвижнымъ съ закрѣпляющимъ винтомъ *m*, такъ что призма можетъ быть приближена къ дѣленіямъ или удалена отъ нихъ. Оба діоптра обыкновенно дѣлаются на шарнирахъ; при укладываніи въ ящикъ предметный діоптръ нагибается къ крышкѣ, а глазной откидывается назадъ (наружу). Буссоль эта устраивается иногда на баксѣ. Особый винтикъ *k* служитъ для прижиманія стрѣлки къ стеклу во время переноски буссоли; затѣмъ имѣется еще пуговка *d*.



Черт. 131.

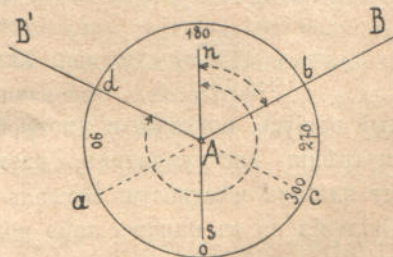


Черт. 132.

Для удерживанія кольца съ дѣленіями, если оно сильно распатается. Буссоль Шмалькальдера служитъ для опредѣленія азимутовъ линій.

Употребленіе этой буссоли слѣдующее. Наводимъ діоптры на предметъ, т. е. по направленію линіи, и смотря въ глазной діоптръ, читаемъ число градусовъ, видимое въ призму противъ волоска предметнаго діоптра; волосокъ же предметнаго діоптра мы видимъ поверхъ призмы. Для удобства отсчитыванія устанавливается въ коллимаціонной плоскости діоптровъ шпелекъ подъ глазнымъ діоптромъ, который и указываетъ дѣленіе на кольцѣ. Прочитанное число и дастъ намъ азимутъ направленія *AB* (чер. 133).

Иъствительно, при установкѣ буссоли кольцо съ дѣленіями, будучи закрѣплено къ стрѣлкѣ, само собою устанавливается нулевымъ дѣленіемъ на югъ, а 180° -ю на сѣверъ. Дѣленіе кольца, которое придется въ точкѣ *a* у глазного діоптра, дастъ дугу *sa*, а азимутъ измѣряется дугой *ab*; но эти дуги равны; такимъ образомъ отсчесть въ точкѣ *a* и дастъ намъ искомый азимутъ. Если наведемъ діоптры какъ разъ на сѣверъ, то прочи-



Черт. 133.

т. е. азимутъ направленія *AB* (чер. 133).

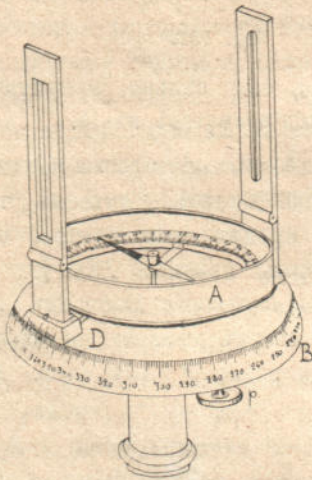
таемъ у глазного діоптра 0° , какъ и должно быть; съ вращеніемъ плоскости діоптровъ по часовой стрѣлкѣ возрастаетъ на столько же и отсчетъ у глаза. Если наведемъ діоптры напр. на точку B_1 , то положеніе кольца останется то же, и мы отсчитаемъ напр. 300° , что представить азимуть линіи AB_1 дѣйствительно, искомый азимуть измѣряется дугой $pbsd$, т. е. онъ равенъ 360° безъ дуги dp ; мы же прочитаемъ дѣленіе, дающее длину дуги sda , которая равна 360° безъ дуги sc ; но дуги dp и sc равны, а потому отсчетъ нашъ представляетъ дѣйствительно искомый азимуть. Это правило справедливо для всѣхъ направленій діоптровъ. Отсчеты мы получаемъ съ точностью до 1° .

Если бы южный конецъ стрѣлки былъ укрѣпленъ противъ 180° кольца, а сѣверный противъ 0° , то буссоль давала бы азимуты линій, считаемыхъ не отъ насъ, а къ намъ.

Что касается повѣрокъ буссоли Шмалькальдера, то здѣсь достаточно повѣрить выполненіе первыхъ 4-хъ условій, указанныхъ выше; повѣрки дѣлаются такъ же, какъ и выше.

Эта буссоль очень легка и удобна для приблизительнаго опредѣленія направленія линій; она употребляется при такъ наз. глазомѣрныхъ съемкахъ (см. дальше), особенно въ военномъ дѣлѣ.

§ 54. Буссоль Стефана. Буссоль Стефана состоитъ изъ коробки A (чер. 134) и круга B , называемаго лимбомъ, нѣсколько большаго діаметра.



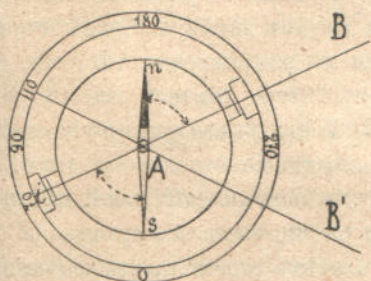
Чер. 134.

соединенныхъ другъ съ другомъ неизмѣнно, но такъ, что на оси, ихъ соединяющей, можетъ вращаться въ промежуткѣ между ними пластинка D , называемая алидадой; въ коробкѣ A помѣщается магнитная стрѣлка на остріи, а также кольцо съ дѣленіями. По краю лимба B также нанесены градусныя дѣленія отъ 0° до 360° , причемъ нуль лимба стоитъ противъ нуля на кольцѣ буссоли. На концахъ алидады укрѣплены діоптры — глазной и предметный; на тѣхъ же концахъ имѣются указатели (черточки) для отсчитыванія дѣленій на лимбѣ; для болѣе точнаго отсчитыванія при этихъ указателяхъ на концахъ алидады имѣются еще особыя дѣленія, составляющія такъ назы-

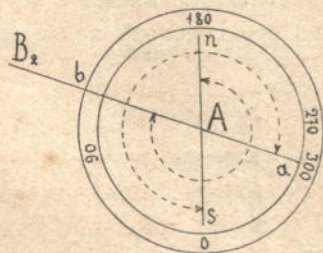
ваемый ноніусъ, описаніе и употребленіе котораго будетъ дано ниже при разсмотрѣніи инструментовъ, служащихъ для точнаго измѣренія угловъ между линіями мѣстности. Буссоль Стефана можетъ вращаться на оси; для закрѣпленія ея въ какомъ либо положеніи служитъ зажимательный винтъ p . Внизу буссоли имѣется втулка для надѣванія на коль или на штативъ.

Употребленіе этой буссоли слѣдующее: установивъ ее горизонтально наль точкой линіи, поворачиваемъ буссоль на оси, пока нуль дѣленій впу-

третяго кольца не станеть поточнѣе противъ южнаго конца стрѣлки, а 180° противъ сѣвернаго; послѣ этого, вращая алидаду, наводимъ діоптры по направленію снимаемой линіи и читаемъ отсчетъ на лимбѣ В по указателю алидады; отсчетъ этотъ и дасть азимуть нашего направленія А В (чер. 135). Дѣйствительно, азимуть линіи А В измѣряется угломъ n А В; этотъ же уголъ равенъ углу s А i, напр. въ 70° , отсчитываемому на лимбѣ. Для линіи А В₁ такимъ же образомъ получимъ азимуть 110° ; для линіи А В₂ (чер. 136)



Чер. 135.



Чер. 136.

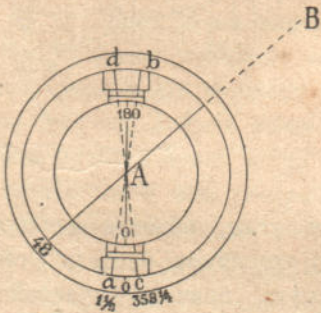
получимъ азимуть 300° , такъ какъ выпуклые углы, обведенные дугами, равны между собою. Такимъ образомъ видимъ, что лимбъ буссоли Стефана всегда при работѣ установленъ по странамъ свѣта, причемъ нулевой діаметръ идетъ съ сѣвера на югъ. Это напоминаетъ намъ буссоль Шмалькальдера, въ которой кольцо съ дѣленіями тоже устанавливается по странамъ свѣта. На чертежахъ 135—136 дѣленія лимба показаны по часовой стрѣлкѣ, какъ и въ буссоли Шмалькальдера, и мы получаемъ азимуты, считаемые тоже по часовой стрѣлкѣ, т. е. отъ сѣвера къ востоку. Если же дѣленія на лимбѣ нанесены противъ часовой стрѣлки, то поступая, какъ прежде, мы будемъ получать не азимуты, а дополненія ихъ до 360° , которые необходимо перечислить, какъ указано въ § 50.

§ 55. Повѣрка буссоли Стефана. Повѣрки буссоли Стефана тѣ же, что и обыкновенной буссоли, исключая повѣрокъ 5 и 7, которыя выражаются иначе; именно къ повѣркѣ 5 нужно добавить, что алидада не должна имѣть эксцентрицитета. Повѣряется это такъ же, какъ и при повѣркѣ стрѣлки, т. е. смотримъ, одинакова ли послѣдняя цифра въ отсчетахъ по обоимъ концамъ алидады. Если замѣчается разница, то беремъ полусумму послѣднихъ цифръ. Относительно стрѣлки въ буссоли Стефана нужно замѣтить слѣдующее: такъ какъ мы не пользуемся дѣленіями внутренняго кольца при отсчитываніи азимутовъ по лимбу, то для насъ важно лишь, чтобы остріе шила лежало на нулевомъ діаметрѣ кольца; тогда и стрѣлка можетъ быть совмѣщена съ этимъ діаметромъ при установкѣ буссоли.

Повѣрка 7-я здѣсь выразится слѣдующимъ образомъ: при совмѣщеніи оптической плоскости діоптровъ съ нулевымъ діаметромъ внутренняго кольца указатель алидады долженъ совпасть съ нулемъ лимба. Дѣйствительно, разсмотримъ сперва случай, когда линія мѣстности идетъ прямо на сѣверъ.

Тогда употребляя буссоль—какъ сказано выше, мы должны получить на лимбѣ 0° , а это возможно лишь въ томъ случаѣ, если соблюдено указанное требованіе. Если теперь діоптры будутъ наведены по другимъ направленіямъ, то поворотъ указателя алидады отъ 0° лимба будетъ равенъ повороту плоскости діоптровъ (по часовой стрѣлкѣ) отъ нулевого діаметра кольца или отъ направленія меридіана, т. е. отсчетъ на лимбѣ дастъ вѣрную величину азимута.

Если же при совмѣщеніи плоскости діоптровъ съ нулевымъ діаметромъ кольца указатель алидады не совпадетъ съ нулемъ лимба, а покажетъ напр. $1\frac{1}{2}^\circ$, то при поворотѣ алидады съ діоптрами до направленія АВ (чер. 137)



Чер. 137.

мы получимъ, напр., отсчетъ въ 48° , который будетъ больше азимута линіи АВ на $1\frac{1}{2}^\circ$; точно также отсчетъ на лимбѣ для всѣхъ другихъ направленій линій мѣстности будетъ больше вѣрныхъ азимутовъ на $1\frac{1}{2}^\circ$; поэтому отъ всѣхъ отсчетовъ нужно вычитать по $1\frac{1}{2}^\circ$. На чер. 137-мъ ab есть линія соединяющая указатели алидады при совмѣщеніи коллимаціонной плоскости діоптровъ съ нулевымъ діаметромъ кольца. Если бы указатели алидады при совмѣщеніи плоскости діоптровъ съ нулевымъ діаметромъ кольца расположились по линіи cd, причемъ указатель при глазномъ діоптрѣ показалъ бы, напр., $358\frac{1}{4}^\circ$, то послѣ поворота діоптровъ до направленія АВ мы получимъ отсчетъ, который меньше азимута линіи на $1\frac{3}{4}^\circ$, а потому ко всѣмъ измѣреніямъ мы должны добавлять $1\frac{3}{4}^\circ$. Въ первомъ примѣрѣ $1\frac{1}{2}^\circ$ и во второмъ примѣрѣ $1\frac{3}{4}^\circ$ наз. коллимаціонной ошибкой буссоли Стефана.

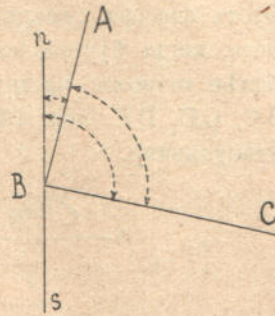
Чтобы выполнить на дѣлѣ указанную повѣрку, а также чтобы измѣрить величину коллимаціонной ошибки, поступаемъ слѣдующимъ образомъ: поворачиваемъ алидаду съ діоптрами, пока коллимаціонная плоскость діоптровъ не совмѣстится съ нулевымъ діаметромъ внутренняго кольца; для этого натягиваемъ надъ кольцомъ буссоли волосокъ черезъ діоптры въ коллимаціонной плоскости ихъ и вращаемъ діоптры, пока волосокъ не станетъ надъ нулевымъ діаметромъ кольца, а для этого смотримъ сверху такъ же, какъ это указано при объясненіи повѣрокъ обыкновенной буссоли. Послѣ этого замѣчаемъ, совпадаютъ ли указатели алидады съ нулемъ и 180° на лимбѣ; если не совпадаютъ, то можемъ по дѣленію, указываемому нулемъ, опредѣлить коллимаціонную ошибку.

Чтобы выполнить на дѣлѣ указанную повѣрку, а также чтобы измѣрить величину коллимаціонной ошибки, поступаемъ слѣдующимъ образомъ: поворачиваемъ алидаду съ діоптрами, пока коллимаціонная плоскость діоптровъ не совмѣстится съ нулевымъ діаметромъ внутренняго кольца; для этого натягиваемъ надъ кольцомъ буссоли волосокъ черезъ діоптры въ коллимаціонной плоскости ихъ и вращаемъ діоптры, пока волосокъ не станетъ надъ нулевымъ діаметромъ кольца, а для этого смотримъ сверху такъ же, какъ это указано при объясненіи повѣрокъ обыкновенной буссоли. Послѣ этого замѣчаемъ, совпадаютъ ли указатели алидады съ нулемъ и 180° на лимбѣ; если не совпадаютъ, то можемъ по дѣленію, указываемому нулемъ, опредѣлить коллимаціонную ошибку.

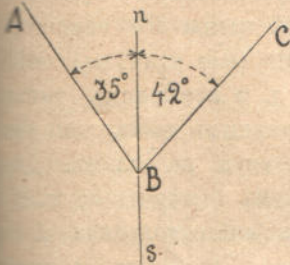
§ 56. Опредѣленіе угла между линіями мѣстности буссолью.

Если измѣрены буссолью азимуты или румбы 2-хъ линій на мѣстности, служащихъ сторонами угла, то величина угла можетъ быть по этимъ даннымъ вычислена. Положимъ, что ставъ съ буссолью въ вершинѣ В (чер. 138) угла АВС, опредѣлили азимуты линій ВА и ВС, т. е. углы $\mu_{ВА}$ и $\mu_{ВС}$.

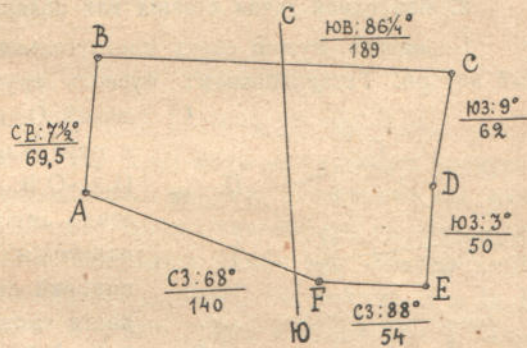
Если смотрѣть отъ вершины угла къ его отверстию, то сторона ВС будетъ правой стороною угла, а сторона ВА—лѣвой; иско- мый уголь АВС будетъ равенъ $\angle nBC$ — $\angle nBA$, т. е. = азимуту правой стороны безъ азимута лѣвой. Это правило справедливо для всѣхъ положеній сторонъ угла, если только можно вычесть изъ азимута правой стороны азимуть лѣвой. Въ случаѣ же, когда ази- муть правой стороны меньше азимута лѣ- вой, тогда къ азимуту правой стороны при- бавляемъ 360° и, вычтя изъ этой суммы по- прежнему азимуть лѣвой стороны, получимъ величину угла. По румбамъ двухъ сторонъ угла тоже легко опредѣлять величину угла; напримѣръ, уголь АВС (чер. 139) равенъ суммѣ румбовъ линий ВА и ВС, т. е. = $35^\circ + 42^\circ = 77^\circ$. (Подробно объ этомъ—въ § 80).



Чер. 138.



Чер. 139.



Чер. 140.

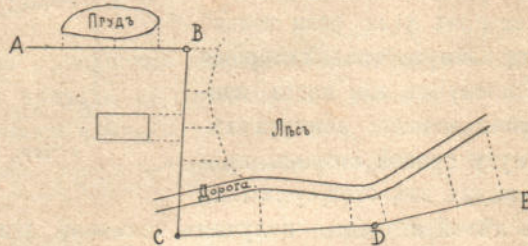
§ 57. Съемка буссолюю.

Существуетъ нѣсколько приѣмовъ съемки буссолюю.

1. Съемка обходомъ. Положимъ, нужно снять многоугольникъ АВСDEF (чер. 140). Тогда устанавливаемъ буссоль послѣдовательно во всѣхъ вер- шинахъ многоугольника, обходя его по часовой стрѣлкѣ, и опредѣляемъ азимуты или румбы линий АВ, ВС, СD, DE и т. д., т. е. отъ А на В, отъ В на С и т. д. вперед по ходу; при этомъ измѣряемъ и длину линий. Для большей надежности работы мы изъ каждой вершины измѣряемъ и обрат- ные румбы или азимуты линий АВ, ВС . . . , смотря назадъ изъ конца линии къ началу ея.

Въ тетради при этой съемкѣ ведется абрисъ, имѣющій видъ, показан- ный на чертежѣ 140, но точки поворотовъ обыкновенно обозначаются не буквами, а цифрами, напр. римскими. Здѣсь подъ величиной румбовъ сто- ронъ подписана длина сторонъ въ сажняхъ.

Этот способ съемки употребляется также при съемкѣ подробностей мѣстности, когда буссоль служитъ вспомогательнымъ приборомъ при другомъ болѣе точномъ инструментѣ; буссолью тогда снимаются магистралы АВ, ВС, CD, DE (чер. 141), которыя служатъ для съемки подробностей перпендикулярами.

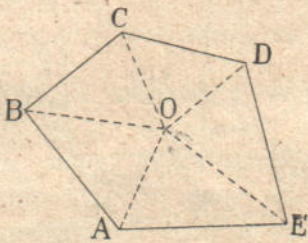


Чер. 141.

Ходовая линия ABCDE должна быть привязана своими концами къ главному ходу или къ границѣ, снимаемой болѣе точнымъ инструментомъ.

2. Изъ одной точки стоянія или полярный способъ.

Положимъ, нужно снять многоугольникъ ABCDE (чер. 142), открытый внутри. Устанавливаемъ буссоль внутри многоугольника въ удобной точкѣ O, изъ которой видны его вершины, и опредѣляемъ румбы (или азимуты) линий OA, OB, OC и т. д. и измѣряемъ длину этихъ линий. Этихъ данныхъ достаточно для нанесенія многоугольника на планъ. Для повѣрки съемки можемъ измѣрить на мѣстности также стороны многоугольника AB, BC, CD и т. д., длина которыхъ должна на планѣ получиться согласной съ измѣренной на мѣстности. Точка O называется полюсомъ.

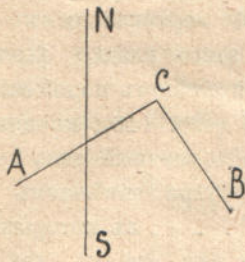


Чер. 142.

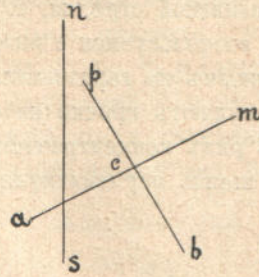
Если изъ одной точки не могутъ быть сняты все подробности, то переходимъ изъ этой точки въ слѣдующую выбранную по опредѣленному направленію точку, которую принимаемъ опять за полюсъ.

3. Способъ засѣчекъ. Если нами сняты двѣ точки мѣстности A и B (чер. 143), то какую либо 3-ю точку C мы можемъ снять, опредѣливъ изъ точекъ A и B азимуты или румбы линий AC и BC. Эгихъ данныхъ будетъ достаточно для нанесенія точки C на планъ.

Дѣйствительно, нанесемъ сперва на планъ снятыя уже точки A и B; пусть ихъ изображеніе получилось въ точкахъ a и b (чер. 144); затѣмъ построимъ линіи am и br, образующія такіе же углы съ меридіаномъ ns, какъ и линіи AC и BC на мѣстности; въ пересѣченіи линій am и br мы получимъ точку c, соответствующую точкѣ C мѣстности. Этотъ способъ съемки точки C называется способомъ засѣчекъ. Онъ особенно удобенъ для съемки криволинейныхъ контуровъ на открытой мѣстности, напр. при

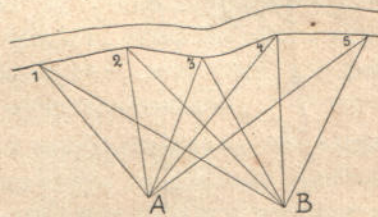


Чер. 143.



Чер. 144.

съемкѣ берега рѣки, дороги и т. п. На чер. 145 показана съемка берега рѣки засѣчками изъ точекъ А и В; ставимъ на берегу по преимуществу въ изгибахъ рѣки рядъ вѣхъ и при нихъ колышки съ номерами,—если снимается много точекъ; наводимъ на вѣхи по порядку діоптры буссоли сперва изъ точки А, затѣмъ изъ точки В и замѣчаемъ азимуты или румбы вѣхъ линий, идущихъ отъ точекъ А и В къ точкамъ на берегу рѣки. Накладка на планъ точекъ берега рѣки дѣлается, какъ указано на чер. 144.



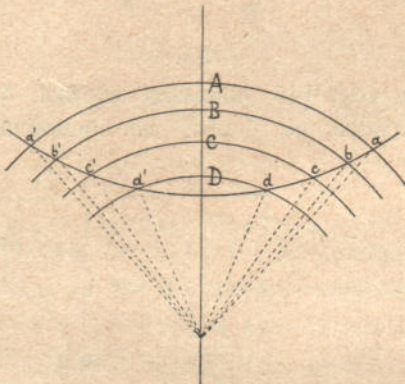
Чер. 145.

Такъ какъ для съемки точки С (чер. 143) намъ нужно знать азимуты или румбы линий АС и ВС, то безразлично, какимъ способомъ мы ихъ найдемъ; именно мы можемъ вмѣсто того, чтобы становиться съ буссолью въ точки А и В, стать въ точкѣ С и опредѣлить румбы или азимуты линий СА и СВ, считая направленіе линий отъ точки С къ точкамъ А и В, и затѣмъ найти для накладки на планъ обратные румбы или азимуты. Такимъ образомъ получимъ линіи am и bp на планѣ по предыдущему. Этотъ способъ съемки, когда мы становимся съ буссолью въ ту точку, которую желаемъ снять, а діоптры наводимъ „назадъ“ на снятыя уже точки, назыв. засѣчкой назадъ; предыдущій же случай, когда мы становились съ буссолью въ точкахъ А и В, назыв. засѣчкой впередъ.

§ 58. Преимущество и недостатки буссоли. Буссольная съемка производится быстро; въ этомъ достоинство буссоли. Но съемка эта не можетъ быть точной, такъ какъ во 1-хъ склоненіе стрѣлки во время работы подвержено измѣненіямъ отъ разныхъ причинъ,—во 2-хъ кольцо буссоли раздѣлено лишь на градусы и рѣдко на полуградусы. Такимъ образомъ измѣненіи угловъ между линіями мѣстности буссолью могутъ быть ошибочны до $1/2^\circ$, а потому буссоль при точныхъ работахъ, напр. при съемкѣ окружающей местности, не должна быть употребляема, какъ самостоятельный приборъ.

§ 59. Опредѣленіе склоненія магнитной стрѣлки. Выше было замечено, что для опредѣленія склоненія стрѣлки нужно имѣть направленіе известной линіи: тогда опредѣлится и уголъ между этой линіей и направ-

леніем магнитной стрѣлки, т. е. склоненіе стрѣлки. Для полученія полуденной линіи воспользуемся тѣнью, отбрасываемой вертикальнымъ шпилькомъ, установленнымъ на горизонтальной доскѣ; для этого гладко выстроганную доску укрѣпляютъ прочно на столбѣ въ горизонтальномъ положеніи; на доскѣ проведенъ рядъ концентрическихъ окружностей (чер. 146); въ центрѣ втыкаемъ шпиль перпендикулярно къ доскѣ. Въ солнечный день часовъ

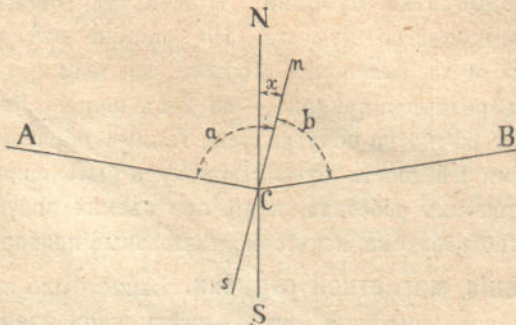


Чер. 146.

8-ми утра замѣчаемъ точки $a, b, c, d, e, d', c', b', a'$ въ которыхъ концы тѣни при своемъ движеніи доскѣ пересѣкаетъ описанныя окружности; то же дѣлаемъ послѣ полудня. Затѣмъ дуги aa', bb', cc', dd' . . . дѣлимъ пополамъ; получимъ точки A, B, C, D . . . Линія, идущая черезъ эти точки, дастъ направленіе истиннаго меридіана мѣста; если же точки A, B, C . . . не лежатъ точно на одной линіи, то беремъ среднее направленіе между ними.

Затѣмъ вынувъ шпиль изъ доски, описываемъ радіусомъ, равнымъ половинѣ длины магнитной стрѣлки, дугу изъ центра, въ которомъ стоялъ шпиль, и дѣлимъ эту дугу съ помощью транспортира на градусы. Далѣе втыкаемъ на мѣсто шпиля кусокъ иглы остриемъ вверхъ и вѣшаемъ на немъ магнитную стрѣлку; доска при этомъ не должна быть потревожена. Затѣмъ замѣчаемъ число градусовъ, заключающееся между начерченной полуденной линіей и направленіемъ магнитной стрѣлки; это и будетъ склоненіе стрѣлки.

Способъ этотъ не даетъ точныхъ результатовъ. Есть другой способъ опредѣленія склоненія стрѣлки—болѣе точный. Именно наводимъ діоптры буссоли на центръ солнца въ моменты его захода и восхода, причемъ горизонтъ не долженъ быть закрытъ горами, лѣсомъ и т. п. Нуль буссоли обра-



Чер. 147.

щаемъ къ солнцу и замѣчаемъ числа градусовъ a и b , заключающіяся между нулемъ буссоли и сѣвернымъ концомъ стрѣлки въ обоихъ случаяхъ, т. е. утромъ и вечеромъ. Если CA (чер. 147)—направленіе линіи, идущей къ центру солнца въ моментъ заката, а CB —въ моментъ восхода, то географическій меридіанъ NS дѣлитъ уголъ между этими линіями пополамъ; пусть sn —направ-

іе магнітної стрѣлки, і склоненіе ея восточное; тогда вечерній отсчетъ при наведеніи на солнце, т. е. $\angle PCA$ будетъ больше утренняго отсчета b , т. е. угла PCB ; а слѣдовательно справедливо и обратное, т. е. если вечерній отсчетъ больше, то склоненіе восточное; если же утренній больше, то склоненіе стрѣлки западное. Чтобы найти величину склоненія x , замѣтимъ, что отсчетъ утромъ и вечеромъ, если бы не было склоненія стрѣлки, былъ бы одинаковъ и $= \frac{\angle ACB}{2}$ или $\frac{a+b}{2}$. Вычтя отсюда дѣйствительный отсчетъ

получимъ величину склоненія x , именно $x = \angle NCB - b = \frac{a+b}{2} - b = \frac{a-b}{2}$,

т. е. склоненіе стрѣлки = полуразности отсчетовъ a и b .

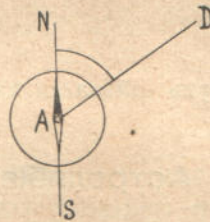
Неудобство этого способа опредѣленія склоненія магнітной стрѣлки заключается въ томъ, что онъ требуетъ двухъ наблюденій солнца—вечеромъ и на слѣдующій же день утромъ, или же утромъ и вечеромъ въ одинъ и тотъ же день, а этому могутъ мѣшать тучи; кромѣ того онъ требуетъ открытости, открытой съ двухъ сторонъ—съ востока и запада.

Замѣтимъ, что указанные здѣсь способы опредѣленія склоненія магнітной стрѣлки, или иначе говоря, способы опредѣленія направленія истиннаго меридіана даютъ результаты, точность которыхъ зависитъ отъ точности самихъ приборовъ, которыми производится это опредѣленіе. Въ дальнѣйшемъ при описаніи болѣе точныхъ геодезическихъ инструментовъ мы еще коснемся этого вопроса.

§ 60. Задачи, рѣшаемыя буссолью. Рассмотримъ еще, въ видѣ задачъ, нѣкоторые особые случаи измѣреній, производимыхъ съ помощью буссоли.

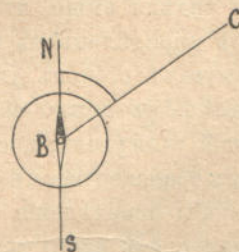
Задача 1. Провести черезъ точку A (чер. 148) буссолью линію,

параллельную данной линіи BC . Такъ какъ искомая линія будетъ имѣть тотъ же азимутъ (или азимуть), что и данная, то ставъ буссолью гдѣ либо на линіи BC , опредѣлимъ ея румбъ; затѣмъ устанавливаемъ буссоль въ точкѣ A и поворачиваемъ ее, пока стрѣлка не покажетъ тотъ же румбъ; тогда по направленію діоптровъ выставимъ вѣху D . Линія AD и будетъ параллельна BC .



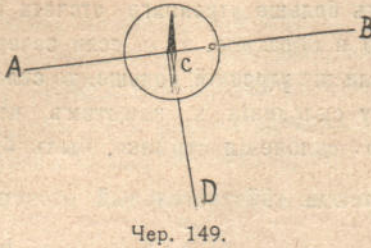
Задача 2. Возставить буссолью перпендикуляръ къ линіи AB (чер. 149)

въ данной точкѣ ея C . Установивъ буссоль въ точкѣ C , опредѣляемъ сперва румбъ азимуть линіи AB . Затѣмъ, не сходя съ точки C , вращаемъ буссоль на 90° , т. е. такъ,



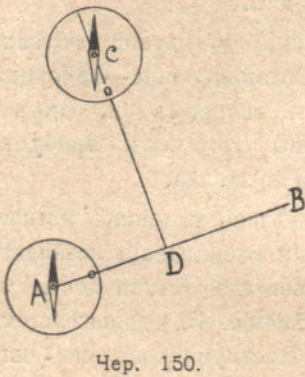
Чер. 148.

чтобы азимуть, показываемый

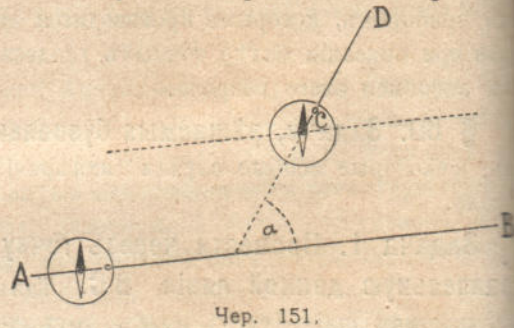


стрѣлкой, отличался отъ прежняго въ 90°. Тогда коллимаціонная плоскость діоптровъ дастъ линію, перпендикулярную къ линіи АВ. Остается выставить вѣху D по направленію діоптровъ.

Задача 3. Опустить перпендикуляръ изъ точки C (чер. 150) на линію АВ. Опредѣлимъ сперва азимуть линіи АВ, установивъ буссоль на этой линіи. Затемъ переносимъ буссоль въ точку C и направляемъ діоптры къ линіи АВ такъ, чтобы азимуть новой линіи отличался отъ азимута линіи АВ на 90°. Остается по направленію діоптровъ выставить вѣху D на линіи АВ.



Задача 4. Черезъ точку C (чер. 151) провести прямую CD подъ даннымъ угломъ α къ другой (данной) прямой АВ. Для этого измѣряемъ азимуть линіи АВ, переносимъ буссоль въ точку C и направляемъ діоптры такъ,



чтобы азимуть отличался на уголъ α отъ азимута линіи АВ.

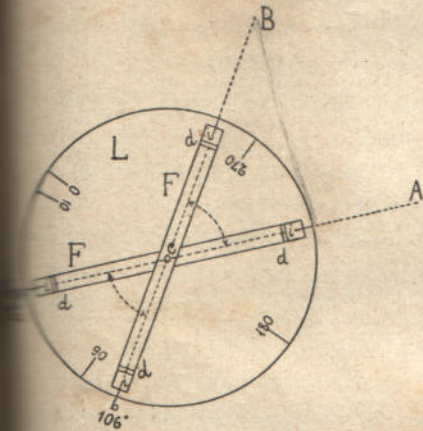
Глава 7. Астролябія съ діоптрами и ея употребленіе

§ 61. Понятіе объ астролябіи и объ измѣреніи ею угловъ

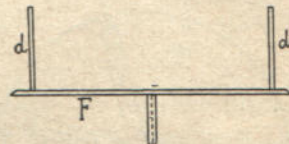
Мы видѣли выше, что уголъ между двумя линіями на мѣстности можетъ быть опредѣленъ въ градусахъ съ помощью буссоли—по румбамъ или по азимутамъ сторонъ угла. Даже и безъ буссоли—одной лентой или же лентой и эккеромъ можно снять уголъ, измѣривъ на мѣстности треугольникъ, содержащій этотъ уголъ; построивъ затѣмъ подобный треугольникъ на бумагѣ, мы можемъ транспортиромъ опредѣлить въ градусахъ величину нашего угла. Но эти способы опредѣленія угла не могутъ дать величину его съ той точностью, которая очень часто требуется въ практикѣ. Для болѣе точнаго и болѣе удобнаго измѣренія угловъ на мѣстности служатъ особые угломѣрные при-

ны, посредствомъ которыхъ величина угла опредѣляется въ градусахъ и минутахъ. Рассмотримъ сперва простѣйшій изъ такихъ приборовъ—астролябия съ діоптрами (чер. 157). Но замѣтимъ здѣсь же, что астролябия въ простомъ видѣ не употребляется болѣе въ практикѣ, какъ приборъ громоздкій и мало точный. Мы же рассмотримъ ее потому, что въ ней находятся въ простомъ видѣ тѣ же части, что и въ другихъ—употребительныхъ и видоизмененныхъ приборахъ (напр. на чер. 162) или въ усовершенствованныхъ приборахъ съ трубами (теодолитахъ), описанныхъ въ дальнѣйшемъ; кромѣ того и употребленіе астролябии таково же, какъ и тѣхъ приборовъ.

Основная мысль устройства астролябии состоитъ въ слѣдующемъ. Возьмемъ металлическій гладкій кругъ L (чер. 152), называемый лимбомъ, на краю котораго нанесены градусныя дѣленія отъ 0° до 360° ; дѣленія обыкновенно наносятся противъ часовой стрѣлки, какъ мы и будемъ принимать. Въ центрѣ лимба вращается на оси линейка F , называемая алидадой; въ скошенныхъ концахъ алидады, прилегающихъ къ лимбу, имѣются черточки i , указывающія дѣленія на лимбѣ, а вблизи концовъ перпендикулярно алидадѣ прикрѣплены діоптры d, d (чер. 153—боковой видъ). Чтобы



Чер. 152.

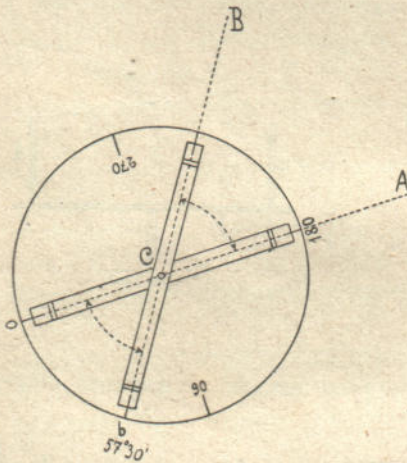


Чер. 153.

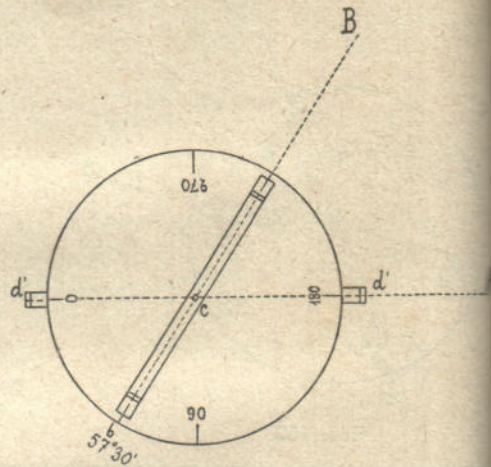
измерить горизонтальное проложеніе угла $AсВ$ (чер. 152) между линиями $сА$ и $сВ$ мѣстности, помѣстимъ центръ лимба надъ вершиною угла по вертикали и приведемъ лимбъ въ горизонтальное положеніе; тогда его плоскость будетъ служить той горизонтальной плоскостью, на которую пролагается уголъ; пролагающей же плоскостью будетъ служить коллимаціонная плоскость алидады, приводимая въ совпаденіе то съ одной, то съ другой стороной угла. Эта коллимаціонная плоскость перпендикулярна къ плоскости лимба. При вращеніи коллимаціонной плоскости діоптры отъ одной стороны до другой указатель алидады пройдетъ по дѣленіямъ лимба дугу ab , длина которой въ градусахъ и минутахъ дастъ величину угла $асВ$ или все равно величину искомаго угла $AсВ$; число же градусовъ и минутъ въ дугѣ ab почитается, если вычесть одинъ изъ другого два отсчета на лимбѣ при точкахъ

а и b; напр., если эти отсчеты равны $48^{\circ}30'$ и 106° , то угол АСВ равен $106^{\circ} - 48^{\circ}30' = 57^{\circ}30'$. Это одинъ способъ измѣренія угла астролябией.

Можно примѣнить еще другой способъ, при которомъ не приходится дѣлать вычитанія, а величина угла АСВ (чер. 152) получается сразу изъ одного отсчета. Для этого дѣлаемъ первый (меньшій) отсчетъ равнымъ нулю, именно, установивъ лимбъ въ горизонтальномъ положеніи центромъ надъ вершиною угла, приведемъ вращеніемъ алидады указатель ея, находящійся у глаго діоптра, въ совпаденіе съ нулемъ лимба и закрѣпимъ алидаду въ такомъ положеніи; затѣмъ вращаемъ лимбъ вмѣстѣ съ алидадой около вертикальной оси, проходящей черезъ центръ лимба, пока коллимаціонная плоскость діоптровъ алидады не совпадетъ съ одной стороной угла (чер. 154)—и именно съ правой СА, если дѣленія на лимбѣ надписаны противъ часовой стрѣлки. Такимъ образомъ при этомъ первомъ наведеніи діоптровъ указатель алидады стоитъ на нулѣ лимба. Закрѣпивъ затѣмъ лимбъ, освобождаемъ и вращаемъ одну алидаду до совмѣщенія плоскости діоптровъ съ лѣвой стороной СВ угла; тогда отсчетъ по указателю при точкѣ b и дастъ величину измѣряемаго угла. Дѣйствительно дуга об измѣряетъ уголъ оСb, но $\angle оСb = \angle АСВ$.



Чер. 154.

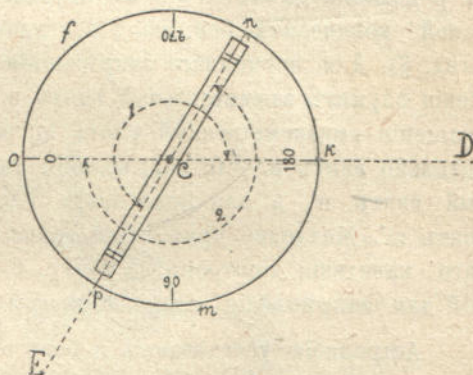


Чер. 155.

Хотя этотъ способъ измѣренія угла и даетъ величину его по одному отсчету, но онъ требуетъ каждый разъ установки указателя алидады на нуль лимба. Въ дѣйствительности же астролябія съ діоптрами часто устроивается нѣсколько иначе; именно—противъ дѣленій 0° и 180° къ лимбу прикрѣпляется еще одна пара діоптровъ d' , d' (чер. 155), называемыхъ неподвижными—въ отличіе отъ предыдущихъ подвижныхъ. Измѣреніе же угла дѣлается слѣдующимъ образомъ: установивъ лимбъ горизонтально центромъ надъ вершиною угла АСВ (чер. 155), наводимъ вращеніемъ лимба неподвижные діоптры по правой сторонѣ СА угла (при этомъ нуль лимба повернуть къ глазу); затѣмъ, закрѣпивъ лимбъ, наводимъ вращеніемъ алидады подвижные діоптры

лѣвой сторонѣ СВ угла; тогда отсчетъ по указателю алидады у глаза и дастъ величину угла. Такъ какъ при измѣреніи угловъ поворотовъ границъ участка онъ обходится по часовой стрѣлкѣ (чер. 202), то правая сторона каждаго угла будетъ проходить раньше и будетъ называться задней, а лѣвая последующая сторона будетъ называться передней. Поэтому можно сказать, что если дѣленія лимба идутъ противъ часовой стрѣлки, то неподвижные диоптры наводятся назадъ, а подвижные впередъ.

Приведенное правило измѣренія угла справедливо и для угловъ, большихъ 180-ти градусовъ; напр., имѣемъ выпуклый уголъ DCE, обведенный на чер. 156 стрѣлкой 1; здѣсь правой стороной угла, если смотрѣть внутрь его, будетъ CD, а лѣвой CE. Этому углу соответствуетъ дуга kfp, которая равна дугѣ omn; величина же дуги omn, обведенной стрѣлкой 2, получится по отсчету въ точкѣ n.



Чер. 156.

Не нужно забывать, что неподвижные диоптры наводятся по правой сторонѣ угла, а подвижные по лѣвой въ томъ только случаѣ, если дѣленія лимба идутъ противъ часовой стрѣлки; если же дѣленія идутъ по часовой стрѣлкѣ, то нужно неподвижные диоптры наводить по лѣвой сторонѣ угла, а подвижные по правой.

Легко видѣть, что если будемъ уголъ BSA (чер. 155) уменьшать и вращать алидаду, приближая ее къ сторонѣ SA, то и конецъ b алидады будетъ приближаться къ нулю лимба; наконецъ, если подвижные диоптры направимъ по одной линіи SA съ неподвижными, то уголъ между плоскостями диоптровъ исчезнетъ, и очевидно, что тогда и указатель на концѣ алидады долженъ совпасть съ нулемъ лимба. (Это есть одно изъ условий вѣрности астролябіи).

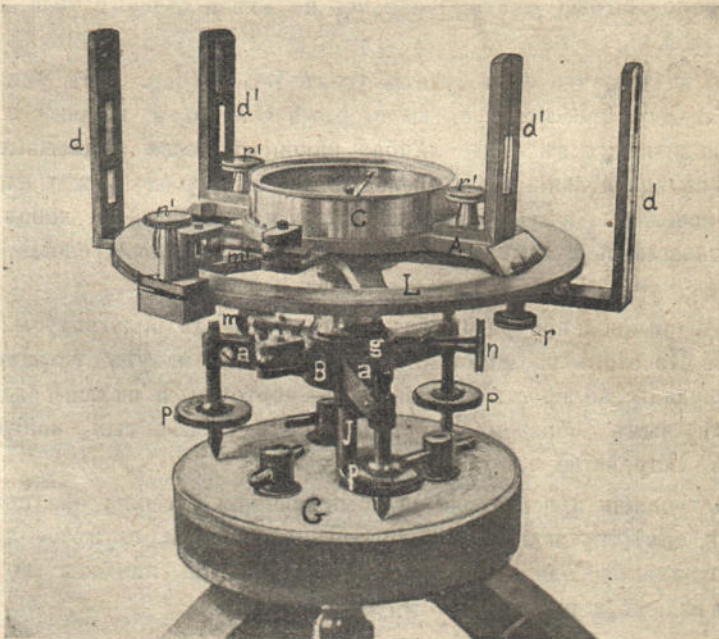
Лимбъ обыкновенно раздѣленъ на градусы или полуградусы. Для по- точнѣнія же отсчетовъ на лимбѣ съ точностью до минутъ устраиваютъ на краяхъ алидады не простые указатели—черточки, а цѣлый рядъ черточекъ, извѣстнымъ образомъ построенный и называемый ноніусомъ или линейкою. Устройство ноніуса описано ниже.

Къ астролябіи присоединяется обыкновенная буссоль; она помѣщается на алидадѣ, такъ что подвижные диоптры астролябіи служатъ въ то же время диоптрами буссоли. При наведеніи диоптровъ алидады по сторонѣ стороны опредѣляютъ и румбъ этой стороны.

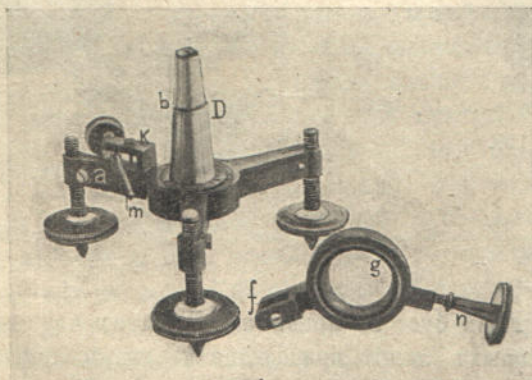
§ 62. Внѣшній видъ астролябіи на трехъ подъемныхъ винтахъ. Чертежъ 157 изображена астролябія на трехъ подъемныхъ винтахъ въ

перспективѣ, а на чер. 161—въ разрѣзѣ. Здѣсь L—лимбъ; діаметръ его равенъ 10—12 дюйм.; A—алидада; d, d—діоптры неподвижные; d', d'—подвижные. Діоптры либо прикрѣпляются къ лимбу и алидадѣ винтами g и g' или же вращаются на шарнирахъ; въ первомъ случаѣ при укладываніи астролябіи въ ящикъ діоптры отнимаются, а во второмъ складываются—наклоняются къ лимбу; p—подъемные винты, служащіе для приведенія лимба въ горизонтальное положеніе; винты эти проходятъ сквозь ножки треножника астролябіи и нижними своими концами стоятъ на головѣ штатива въ металлическихъ гнѣздахъ или подкладкахъ; при вращеніи винта p ножка подымается или же опускается. Лимбъ и алидада вращаются на одной конической оси; ось эта соединена наглухо съ треножникомъ B (см. слѣд. §). Для временнаго закрѣпленія лимба на оси въ какомъ либо положеніи служитъ зажимательный винтъ n, а для сообщенія лимбу медленнаго вращенія—микрометричный винтъ m; винтомъ m работаютъ, зажавъ предварительно винтъ n. Для закрѣпленія алидады къ лимбу служитъ зажимательный винтъ n', а для медленнаго движенія ея по лимбу—микрометричный винтъ m'. Медленно приходится вращать лимбъ и алидаду для болѣе точнаго наведенія діоптровъ на точку. C—буссоль. S—становой винтъ, служащій для закрѣпленія астролябіи на головѣ штатива.

Астролябію устраиваютъ и безъ неподвижныхъ діоптровъ, а съ одной лишь парой діоптровъ при алидадѣ.



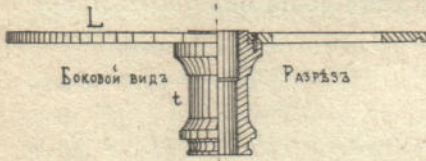
§ 63. Составныя части астролябіи на трехъ подъемныхъ винтахъ. На чертежахъ 158—160 показаны подробно отдѣльныя составныя части астролябіи на трехъ винтахъ. Ось D треножника (чер. 158) имѣетъ видъ конуса съ уступомъ b. На нижней части конуса вращается лимбъ, а на верхней алидада. У одной изъ ножекъ треножника видимъ микрометричный винтъ, утолщенная часть котораго въ видѣ гладкаго шарика зажата въ гнѣздъ между ножкой a и пластинкой k, но такъ, что на этомъ шарикѣ винтъ можетъ вращаться въ гнѣздѣ и наклоняться въ ту или другую сторону. Когда приборъ собранъ, то микрометричный винтъ m входитъ въ гайку f при кольцѣ g. При прямомъ вращеніи этого винта онъ тянетъ гайку f



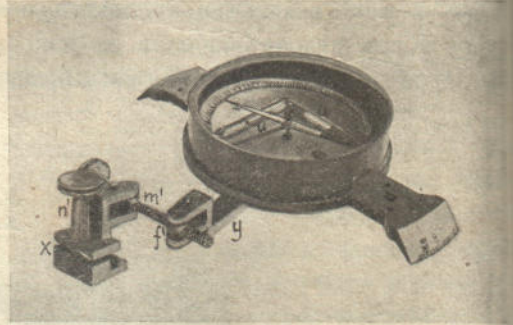
Чер. 158.

къ себѣ, а вмѣстѣ съ ней и лимбъ L, который посредствомъ втулки t и на давливающего на нее винта n соединенъ съ гайкой f (чер. 158, 161); при обратномъ же вращеніи винта онъ отталкиваетъ гайку f къ своему концу, а вмѣстѣ съ ней вращаетъ въ обратную сторону кольцо g, втулку t и лимбъ. (Зажимательный винтъ n проходитъ сквозь стѣнку кольца g и надавливаетъ не на ось D, а на втулку t). Алидада A (чер. 161) удерживается на конусѣ D сверху винтомъ l, входящимъ въ конусъ. При алидадѣ зажимательный винтъ n' (чер. 160) проходитъ сквозь особыя клещи x, захватывающія край лимба: съ нижней стороны по краю лимба имѣется для этого желобокъ. При зажатіи винта n' мы соединимъ съ лимбомъ неподвижно клещи, микрометричный винтъ, а слѣдовательно и алидаду—посредствомъ пластинки y, соединенной наглухо съ алидадой. Если теперь вращать микрометричный винтъ m', шарикъ котораго помещенъ въ гнѣздѣ при клещахъ, то гайка f получитъ медленное поступательное движеніе и увлечетъ съ помощью пластинки y и алидаду. Коробка буссоли прикреплена винтиками къ расширенной средней части алидады. Такимъ образомъ коробкой буссоли прикрытъ тотъ винтъ l, который необходимо снять, если желаемъ астролябію разобрать на части. (Бываетъ и иное устройство астролябіи и прилегающихъ частей, когда коническая ось лимба соеди-

нена съ нимъ наглухо, обращена узкимъ концомъ внизъ и входитъ во втулку, неподвижно соединенную съ треножникомъ; для разборки астролэбиа въ такомъ случаѣ нужно прежде всего отвернуть винтъ, входящій тогда снизу въ конецъ конической оси лимба въ гнѣздѣ для становаго винта).

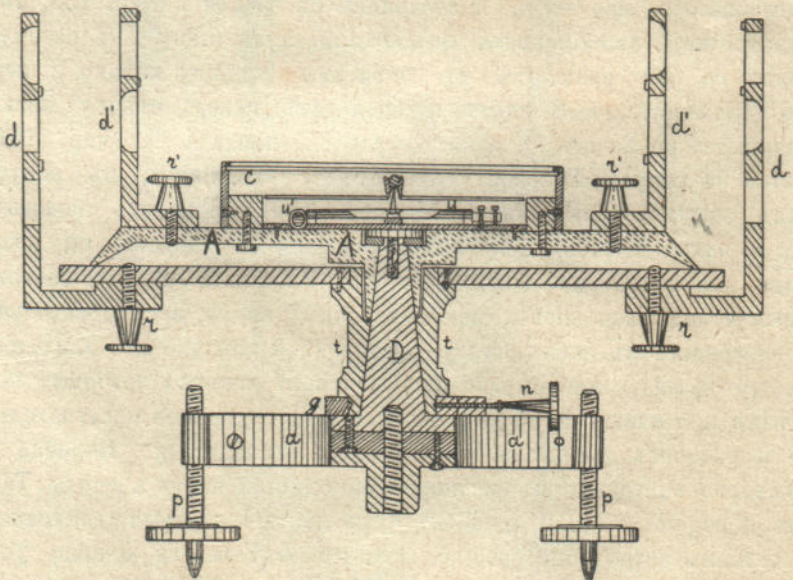


Чер. 159.



Черт. 160.

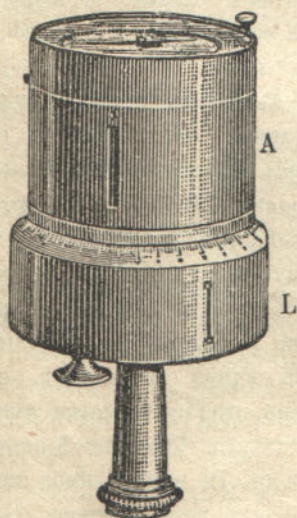
Ко дну коробки буссоли приврѣплены одинъ или два уровня u и u' съ помощью которыхъ лимбъ приводится въ горизонтальное положеніе. Теорія уровней и ихъ употребленіе изложены ниже. Уровни могутъ быть расположены и снаружи коробки—при алидадѣ.



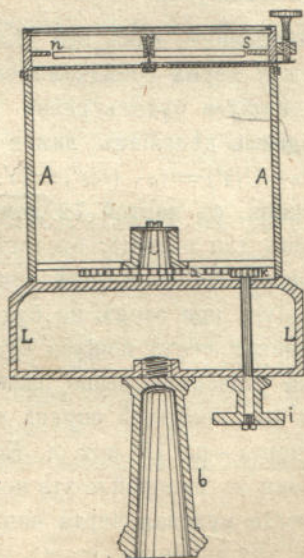
Чер. 161.

§ 64. Астролябія иного устройства: гониометръ или пантометръ съ діоптрами.

Гониометръ (пантометръ съ діоптрами) имѣеть видъ, показанный на черт. 162. Онъ можетъ быть названъ цилиндрической астролябіей. Здѣсь лимбъ замѣненъ нижнимъ цилиндромъ L съ прорѣзами для діоптровъ (неподвижныхъ) и съ градусными дѣленіями на верхнемъ краю цилиндра, діоптры стоятъ противъ 0^0 и 180^0 лимба. Алидада замѣнена верхнимъ цилиндромъ A съ подобными же прорѣзами; противъ прорѣзовъ цилиндра A на нижнемъ краю его имѣются ноніусы для отсчитыванія дѣленій на лимбѣ. Цилиндръ A вращается на оси, проходящей черезъ центръ лимба; для этого вращенія служитъ головка і стержня (чер. 163), снабженнаго въ верхней части шестерней k; шестерня эта сдѣпляется съ зубчатымъ колесомъ a, которое связано съ цилиндромъ A. Въ цилиндрѣ A имѣется еще одна пара діоптровъ, коллимаціонная плоскость которыхъ перпендикулярна къ плоскости упомянутыхъ выше діоптровъ того же цилиндра; эти двѣ пары діоптровъ цилиндра A образуютъ эккеръ. Нужно помнить, что здѣсь подвижными діоптрами астролябіи (гониометра) служатъ тѣ діоптры цилиндра A, при которыхъ имѣются указатели или ноніусы для отсчитыванія дѣленій лимба; другая же пара діоптровъ цилиндра A никакого отношенія къ астролябіи не имѣеть. Наверху гониометра имѣется буссоль. Гониометръ надѣвается на цапфу штатива втулкой b. Онъ приводится въ горизонтальное положеніе по стрѣлкѣ буссоли или съ помощью круглаго уровня, который ставится на крышку буссоли. Приборъ этотъ удобенъ по своей легкости и прочности діоптровъ; онъ употребляется часто въ практикѣ для небольшихъ съемокъ, не требующихъ особенной точности.



Чер. 162.

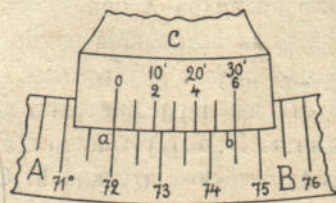


Чер. 163.

Здѣсь нужно упомянуть еще буссоль Стефана, которую можно употреблять какъ астролябію, наводя діоптры сперва по одной, потомъ по другой сторонѣ угла; тогда разность отсчетовъ на лимбѣ дастъ величину измѣряемаго угла. Буссоль Стефана при этомъ можно устанавливать такъ, какъ это дѣлается для опредѣленія азимутовъ сторонъ угла; отсчеты на лимбѣ и будутъ давать эти азимуты.

§ 65. Устройство нониуса. Для отсчитыванія на лимбѣ астролябіи минутъ, хотя самъ лимбъ раздѣленъ лишь на градусы или полуградусы, служить слѣдующее простое, но остроумное построение на концѣ алидады, называемое нониусомъ (или верньеромъ). Пусть АВ—часть лимба съ дѣленіями (чер. 164); каждое дѣленіе, положимъ, равно $\frac{1}{2}^\circ$. С—конецъ алидады, нѣсколько расширенный и закругленный соответственно закругленію лимба. Дугу аb, равную 5-ти дѣленіямъ лимба, т. е. 5-ти полуградусамъ, раздѣлимъ на концѣ алидады на 6 равныхъ частей; тогда и получимъ на концѣ алидады одинъ видъ нониуса. Обозначимъ его черточки (черезъ одну) цифрами 0, 1, 2, 3.

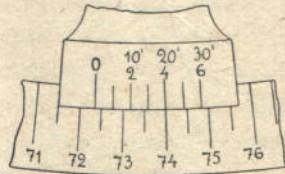
... 6, возрастающими въ томъ же направленіи, какъ и дѣленія на лимбѣ. Нулевая черта нониуса служитъ тѣмъ указателемъ алидады, по которому берется отсчетъ на лимбѣ; мы должны оцѣнить положеніе на лимбѣ именно этой черты алидады. Для этого отсчитываемъ сперва цѣлое число дѣленій на лимбѣ по нулевой чертѣ нониуса; затѣмъ—часть дѣленія, на которую можетъ перейти эта черта, оцѣниваемъ съ помощью остальныхъ черточекъ нониуса.



Чер. 164.

Разъяснимъ, какъ это дѣлается. Замѣтимъ прежде всего, что длина дуги между двумя сосѣдними черточками на построенномъ нониусѣ, т. е. одно дѣленіе нониуса будетъ равно $\frac{5}{6}$ дѣленія лимба, т. е. $\frac{5}{6}$. ($\frac{1}{2}^\circ$). Разница между однимъ дѣленіемъ лимба и однимъ дѣленіемъ нониуса будетъ равна $\frac{1}{2}^\circ - \frac{5}{6} \cdot (\frac{1}{2}^\circ) = \frac{1}{6} \cdot (\frac{1}{2}^\circ) = 15'$. Если нулевая черта нониуса совпадаетъ точно, напр., съ чертой 72° лимба, то нониусъ въ этомъ случаѣ (чер. 164) не нуженъ для отсчета: отсчетъ будетъ—ровно 72°. Тогда 6-я черта нониуса тоже совпадаетъ съ чертой лимба, но ни одна изъ промежуточныхъ черточекъ нониуса при этомъ не будетъ совпадать съ какой либо чертой лимба; такъ—первая черта нониуса будетъ отстоять отъ ближайшей справа черты лимба на указанную выше разницу, т. е. на 5'; вторая черта нониуса будетъ отстоять отъ сосѣдней справа черты лимба вдвое больше, т. е. на 10'; третья черта—на 15' и т. д. Если мы теперь сдвинемъ слегка алидаду такъ, что первая за нулевой черта нониуса совпадетъ съ ближайшей справа чертой лимба, тогда нулевая черта нониуса сойдетъ съ 72 черты лимба вправо на 5'. Никакая другая черта, кромѣ первой, не будетъ теперь совпадать съ какой либо чертой лимба. Если передвинемъ дальше алидаду, такъ что вторая

черта нониуса совпадетъ съ ближайшимъ дѣленіемъ лимба, то нулевая черта станетъ вправо отъ 72 черты лимба на $10'$, и отсчетъ на лимбѣ будетъ $72^{\circ}10'$ и т. д. Если повернемъ алидаду на столько, что 4 черта нониуса подойдетъ къ сосѣдней справа чертѣ лимба, то нуль нониуса станетъ на $20'$ вправо отъ 72 черты лимба, и отсчетъ на лимбѣ будетъ $72^{\circ}20'$ (чер. 165). Если нуль нониуса перейдетъ за полградуса, напр. за дѣленіе $72\frac{1}{2}^{\circ}$, то минуты, отсчитанныя по нониусу, напр. $10'$, прибавятся къ 30 минутамъ, отсчитаннымъ безъ нониуса,—и отсчетъ будетъ $72^{\circ}40'$. При отсчитываніи въ данномъ случаѣ нужно быть внимательнымъ, чтобы не пропустить указанныхъ $\frac{1}{2}^{\circ}$.



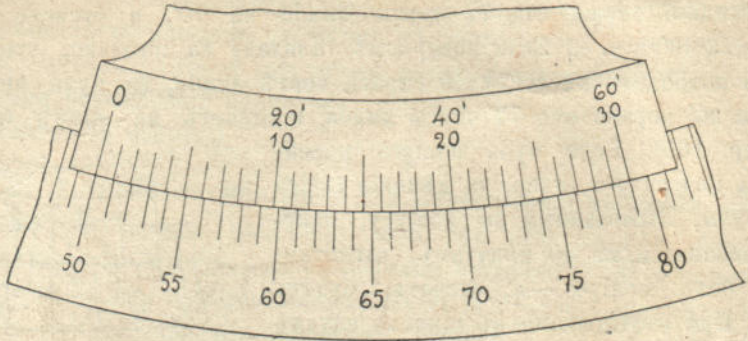
Чер. 165.

Такимъ образомъ мы можемъ съ помощью разсмотрѣннаго нониуса опредѣлять положеніе его нуля на лимбѣ съ точностью до $5'$; $5'$ въ данномъ случаѣ и называются точностью нониуса; слѣдовательно, точность нониуса равна разности между однимъ дѣленіемъ лимба и однимъ дѣленіемъ нониуса. Мы можемъ на глазъ отсчитывать даже точнѣе; такъ напр., если бы нуль нониуса немного сошелъ съ 72 черты лимба, а первая черта нониуса на столько же не дошла до ближайшей черты лимба, то это означало бы, что нуль нониуса отошелъ вправо отъ 72 черты лимба на $2\frac{1}{2}'$; принимаютъ ихъ обыкновенно за $2'$ либо за $3'$. Если дѣленія на лимбѣ и нониусѣ мелки и не очень тонко нанесены, то въ приведенномъ случаѣ можетъ казаться, что и нулевая и первая черты нониуса одновременно совпадаютъ съ чертами лимба. Подобно этому, если бы казалось, что напр. 4 и 5 черты нониуса одновременно совпадаютъ съ чертами лимба, то мы должны считать, что нуль нониуса отошелъ отъ 72 черты лимба на среднее между $20'$ и $25'$, т.-е. на $22'$ или $23'$.

Вмѣсто цифръ 1, 2 и т. д., на нониусѣ могутъ быть написаны соответствующія числа минутъ $5'$, $10'$ Умѣстить возможно, конечно, только нѣкоторыя изъ нихъ.

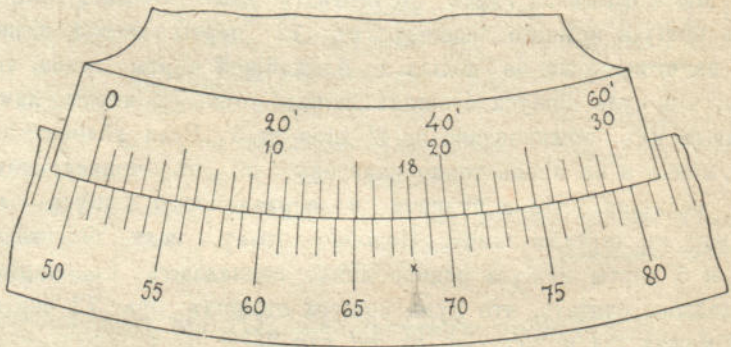
§ 66. Нониусъ съ 30 дѣленіями, построенный на дугѣ въ 29 дѣлений лимба. Нониусы можно устраивать съ инымъ числомъ дѣлений. Возьмемъ на лимбѣ, раздѣленномъ на градусы, дугу въ 29° и раздѣлимъ ее для образованія нониуса на 30 равныхъ частей (чер. 166); тогда одно дѣленіе нониуса будетъ равно $29/30^{\circ}$; разница между однимъ дѣленіемъ лимба и однимъ дѣленіемъ нониуса, т.-е. точность нониуса будетъ равна $1/30^{\circ}$ или $2'$. Въ этомъ случаѣ, если, наприм., 18 черта нониуса совпала съ какой либо чертой лимба, то нуль нониуса отошелъ отъ черты лимба на $18/30^{\circ}$, т. е. на $36'$ (чер. 167). Такой нониусъ устраивается въ гониометрѣ.

Если лимбъ раздѣленъ на полуградусы, то взявъ дугу лимба въ 29 полуградусовъ и раздѣливъ ее для образованія нониуса на 30 равныхъ частей, получимъ, что одно дѣленіе нониуса будетъ равно $29/30$ полуградуса,



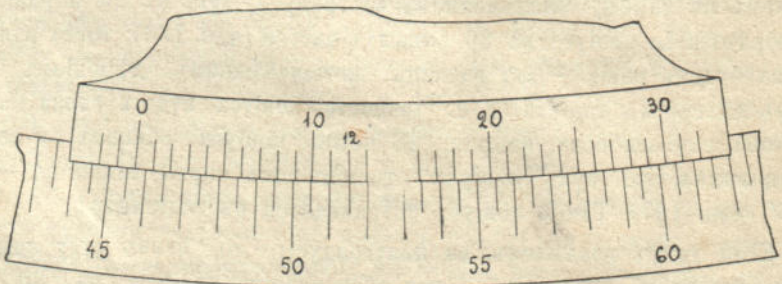
Чер. 166.

а разница между однимъ дѣленіемъ лимба и однимъ дѣленіемъ нониуса, т.-е. точность нониуса будетъ $\frac{1}{30}$ полуградуса или $1'$. Въ этомъ случаѣ, если нулевая черта нониуса станетъ, напр., между чертами лимба $45\frac{1}{2}$ и



Чер. 167.

46° (чер. 168) и притомъ 12 черта нониуса совпадетъ съ чертой лимба (съ которой по счету чертой лимба—это намъ не нужно разсматривать), то отсчетъ по нониусу будетъ $45\frac{1}{2}^\circ + 12'$, т.-е. $45^\circ 42'$.



Чер. 168.

§ 67. **Общее правило для отсчитыванія по нониусамъ. Опредѣленіе точности нониуса.** При пользованіи нониусомъ вообще нужно соблюдать слѣдующія правила: цѣлыя дѣленія лимба (градусы, или полуградусы, или трети градуса и т. д.) читаются на лимбѣ по нулю нониуса, для оцѣнки же части дѣленія смотримъ, которая по счету черта нониуса совпадаетъ съ чертой лимба, множимъ точность нониуса на номеръ совпадающей черты его и прибавляемъ полученное число къ отсчитаннымъ цѣлымъ дѣленіямъ. На нониусѣ отмѣчены не номера нѣкоторыхъ его черточекъ, а произведенія номеровъ на точность нониуса (въ минутахъ); поэтому можно сказать, что градусы (полуградусы и т. д.) читаются по лимбу, а затѣмъ минуты по нониусу. Бываютъ нониусы въ нѣкоторыхъ точныхъ землемѣрныхъ приборахъ, дающіе отсчеты съ точностью до $10''$.

Относительно опредѣленія точности нониуса замѣтимъ слѣдующее. Въ трехъ указанныхъ выше нониусахъ точности равнялись: въ первомъ— $1/6$ полуградуса, во второмъ— $1/30^\circ$, въ третьемъ— $1/30$ полуградуса, т. е. $1/2^\circ:30$. Въ этихъ нониусахъ число дѣленій въ дугѣ нониуса на единицу больше числа дѣленій въ соотвѣтствующей дугѣ лимба. Такимъ образомъ при подобномъ построеніи нониуса мы получаемъ, что разница между однимъ дѣленіемъ лимба и однимъ дѣленіемъ нониуса, т. е. точность нониуса равна одному дѣленію лимба, раздѣленному на число дѣленій нониуса. Если бы на лимбѣ были нанесены трети градуса, и для образованія нониуса дуга въ 19 дѣленій лимба была бы раздѣлена на 20 частей, то одно дѣленіе нониуса будетъ равно дугѣ въ $19/20$ трети градуса; разница же между однимъ дѣленіемъ лимба и однимъ дѣленіемъ нониуса, т. е. между цѣлой третью градуса и $19/20$ трети градуса будетъ равна $1/20$ трети градуса, или $1/3^\circ:20$, т. е. $1'$. Такимъ образомъ и здѣсь мы видимъ, что для полученія точности нониуса нужно величину одного дѣленія лимба, т. е. $1/3^\circ$ раздѣлить на число дѣленій нониуса, т. е. на 20 ; поэтому, если обозначимъ величину одного дѣленія лимба буквой T , число дѣленій нониуса буквой n и точность нониуса буквой i , то

$$i = \frac{T}{n}.$$

Этимъ правиломъ нужно пользоваться каждый разъ, когда передъ нами незнакомый нониусъ. Напримѣръ, если на лимбѣ градусы, а нониусъ содержитъ 10 дѣленій, то точность его равна $1/10^\circ=6'$. Подобный нониусъ бытъ въ буссоли Стефана. Если на лимбѣ трети градуса, а на нониусѣ 60 дѣленій, то точность нониуса $=20':60=20''$.

На описанныхъ нониусахъ надписи дѣленій возрастаютъ въ томъ же направленіи, какъ и на лимбѣ. Если для глаза, обращеннаго къ дѣленіямъ лимба и нониуса, дѣленія лимба кажутся идущими слѣва направо, то на нониусѣ нуль стоитъ на лѣвомъ концѣ и надпись цифръ идетъ слѣва направо.

Относительно отсчитыванія по нониусу нужно замѣтить еще слѣдующее:

1) Глазъ нужно держать какъ разъ надъ чертой нониуса, которая

совпадаетъ съ чертой лимба; если же смотрѣть сбоку, то могутъ казаться совпадающими черты лимба и нониуса, отстоящія одна отъ другой.

2) При мелкихъ дѣленіяхъ для отсчитыванія по нониусу употребляется лупа. Въ этомъ случаѣ лупу нужно держать прямо надъ дѣленіями и притомъ такъ, чтобы совпадающія черты лимба и нониуса приходились по срединѣ круглаго поля, видимаго въ лупу. Лупа часто укрѣпляется надъ нониусомъ.

3) Для болѣе точнаго отсчитыванія по нониусу и для рѣшенія возникающихъ сомнѣній относительно совпаденія какой либо черты нониуса съ чертой лимба, нужно обращать вниманіе на двѣ сосѣднія черты нониуса — одну справа и одну слѣва отъ совпадающей черты: если эти сосѣднія черты отстоятъ одинаково (на глазъ) отъ ближайшихъ черточекъ лимба, то разсматриваемая средняя между ними черта нониуса совпадаетъ точно съ чертой лимба. Кромѣ двухъ ближайшихъ сосѣднихъ черточекъ можно обратить вниманіе и на двѣ дальнѣйшія справа и слѣва черточки нониуса и посмотреть, отстоятъ ли онѣ одинаково отъ соответственныхъ черточекъ лимба. У концовъ нониусовъ иногда назначаютъ еще по одной или по двѣ лишнихъ черточки сверхъ разсмотрѣнныхъ выше шести или тридцати и т. д. (чер. 168). Эти выступающія черточки помѣщены на такихъ же разстояніяхъ, какъ и всѣ остальные черточки нониуса, и служатъ для болѣе точнаго отсчитыванія въ тѣхъ случаяхъ, когда кажется совпадающей нулевой черта нониуса, стоящая на концѣ его.

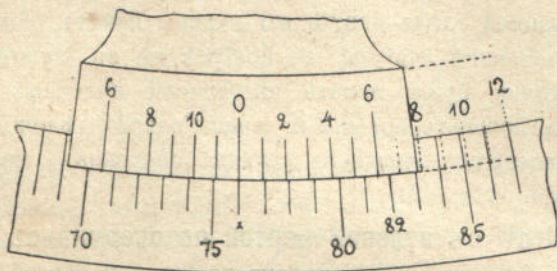
4) Противъ нѣкоторыхъ черточекъ нониуса надписаны соответствующія числа минутъ. На нониусѣ съ 6 дѣленіями и точностью 5' обыкновенно надписываются лишь крайнія черточки цифрами 0 и 30. На нониусѣ съ 30 дѣленіями и точностью въ 2' надписываются числа 0, 20, 40 и 60 противъ черточекъ нулевой, 10-той, 20-той и 30-той. На нониусѣ съ 30 дѣленіями и точностью 1' надписываются числа 0, 10, 20 и 30. На нониусѣ съ 20 дѣленіями и точностью 1' надписываются числа 0, 5, 10, 15, 20.

Пользуясь этими надписями, можно опредѣлить значеніе и промежуточныхъ черточекъ. Наприм., на нониусѣ съ 30 дѣленіями и точностью 2' черточка средняя между надписями 40' и 60', т.-е. пятая за надписью „40“ будетъ означать 50'. (Служно избѣгать ошибки, именно: не читать здѣсь 45'.

5) Пользуясь надписями на нониусахъ можно на практикѣ легко опредѣлять точность нониуса упрощеннымъ способомъ; именно, для полученія точности нониуса возьмемъ разницу между двумя сосѣдними надписанными на нониусѣ числами и раздѣлимъ ее на число дѣленій нониуса, заключенное между этими числами. Напр., видимъ на нониусѣ, что между надписанными числами 0 и 20 или же между 20 и 40 помѣщается 10 дѣленій; тогда разницу двухъ сосѣднихъ чиселъ, т.-е. 20 раздѣлимъ на 10; получимъ точность 2'. Полюжемъ, что на другомъ нониусѣ между надписями 0 и 10 или же 10 и 20 заключается 10 дѣленій; тогда точность нониуса равна $10:10 = 1'$.

§ 68. Нониусъ съ нулевой чертой по срединѣ съ 12 дѣленіями.

Иногда нуль нониуса ставится по срединѣ дуги его. Возьмемъ для примѣра дугу лимба въ 11° и раздѣлимъ ее для образованія нониуса на 12 равныхъ частей (чер. 169). Нуль поставимъ по срединѣ и напомнимъ черточки



Чер. 169.

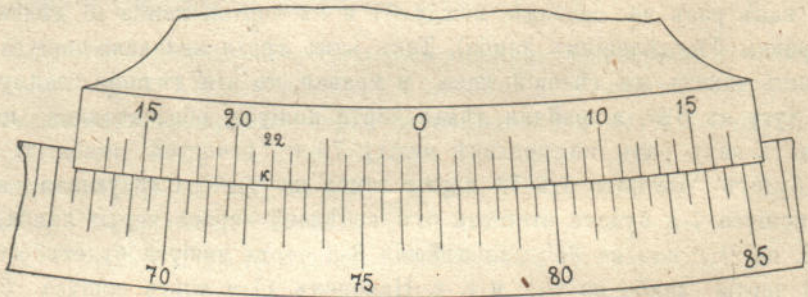
цифрами, какъ показано на чертежѣ. Пояснимъ употребленіе такого нониуса. Среднюю черту нониуса, нулевую, совмѣстимъ съ какимъ либо дѣленіемъ лимба, напр. съ 76° ; тогда первая вправо отъ середины черта нониуса будетъ отстоять отъ 77 дѣленія лимба на $\frac{1}{12}^\circ$ или на $5'$; слѣдующая черта нониуса, обозначенная цифрою 2, будетъ отстоять отъ 78 черты лимба на $\frac{2}{12}^\circ$ или на $10'$ и т. д.; наконецъ шестая вправо отъ середины черта нониуса (крайняя) будетъ отстоять отъ 82 черты лимба на $\frac{6}{12}^\circ$, т. е. будетъ отстоять какъ разъ на срединѣ между 81 и 82 чертой лимба (6 дѣленій нониуса равны $5\frac{1}{2}$ дѣленіямъ лимба). Такъ какъ лѣвая половина нониуса имѣетъ шесть такихъ же дѣленій, какъ и правая, то эти дѣленія займутъ на лимбѣ дугу въ $5\frac{1}{2}^\circ$, и крайняя лѣвая черта нониуса, обозначенная цифрой 6, станетъ какъ разъ по срединѣ между 70 и 71 чертой лимба, т. е. эта черта будетъ отстоять отъ 71 черты лимба на $\frac{6}{12}^\circ$. Слѣдующая вправо черта нониуса 7-я будетъ отстоять отъ сосѣдней справа черты лимба, т. е. отъ 72, на $\frac{7}{12}^\circ$ или на $35'$; дальнѣйшая 8-я черта нониуса будетъ отстоять отъ 73 черты лимба на $\frac{8}{12}^\circ$ и т. д. Наконецъ 11-я черта нониуса будетъ отстоять отъ 76 черты лимба на $\frac{11}{12}^\circ$ или на $55'$. Нониусъ такого вида бытъ въ астролябій съ діоптрами.

Мы видимъ такимъ образомъ, что всѣ черточки этого нониуса, обозначенныя цифрами отъ 0 до 6 въ правой половинѣ и отъ 6 до 0 (или 12)—въ лѣвой, отстоятъ на столько же отъ сосѣднихъ съ ними справа дѣленій лимба, на сколько отстоятъ черточки такихъ же номеровъ въ нониусѣ съ той же точностью, въ которомъ нулевая черта стояла бы въ лѣвомъ концѣ нониуса (сравните на чер. 169). (Здѣсь какъ бы половина нониуса перенесена влѣво отъ нулевой черты). Слѣдовательно для совмѣщенія, наприм., 7 черты нониуса съ сосѣдней справа чертой лимба нули въ обоихъ нониусахъ отойти отъ черты лимба на $\frac{7}{12}^\circ$, а потому обратно—часть дѣленія лимба, на которую передвинется нуль нониуса отъ какой либо черты лимба, мы можемъ оцѣнить одинаково въ обоихъ нониусахъ, замѣчая, какой номеръ черта, совпадающая съ чертой лимба.

Для облегченія розыскиванія совпадающихъ черточекъ нониуса и лимба мы смотримъ сперва на нуль нониуса и оцѣниваемъ на глазъ, прошелъ ли онъ меньше половины дѣленія лимба или больше. Въ первомъ случаѣ мы должны искать совпадающія черточки въ тѣхъ частяхъ нониуса, въ которыхъ цифры обозначены малыми номерами (между 0 и 6), т. е. на нониусѣ, имѣющемъ нуль на крайней слѣва чертѣ, мы должны искать совпадающія черточки въ лѣвой половинѣ нониуса; на нониусѣ же съ нулемъ по срединѣ совпадающія черточки нужно искать въ правой половинѣ между 0 и 6. Если нуль нониуса прошелъ больше половины одного дѣленія лимба, то совпадающія черточки нужно искать въ другихъ половинахъ нониусовъ, именно — между черточками 6-й и 12.

§ 69. Нониусъ съ нулевой чертой по срединѣ съ 30 дѣленіями.

На чер. 170 показанъ нониусъ съ нулемъ по срединѣ другой точности. Именно — на лимбѣ имѣемъ полуградусы; для образованія нониуса взята дуга въ 29 дѣленій лимба и раздѣлена на 30 частей; точность нониуса равна $\frac{1}{30}$ полуградуса или $1'$. Надпись и порядокъ черточекъ на нониусѣ идетъ отъ нуля вправо до 15-й черты и затѣмъ съ лѣваго конца отъ 15-ой черты до 30-ой, т. е. до нуля, а не отъ нуля до лѣваго конца, такъ что, напр., номеръ черты к будетъ не 8, а 22; и при совмѣщеніи ея съ чертой лимба мы должны сказать, что нуль нониуса отошелъ вправо отъ черты лимба на



Чер. 170.

22 минуты. Сверхъ 15-ти черточекъ съ каждой стороны имѣются обыкновенно и въ этомъ нониусѣ на концахъ еще лишнія черточки — одна или двѣ; онѣ помогаютъ получить погочинѣ отсчетъ въ томъ случаѣ, когда съ чертой лимба кажется совпадающей 15 черта или сосѣдняя съ ней.

§ 70. 0 цилиндрическомъ уровнѣ.

Лимбъ астролябии приводится въ горизонтальное положеніе съ помощью, такъ называемаго цилиндрическаго уровня (одного или двухъ). Уровень этотъ состоитъ изъ стеклянной трубки, выпуклой въ срединѣ (чер. 171 и 172), наполняемой спиртомъ или эфиромъ, — жидкостями, менѣе прилипающими къ стеклу, чѣмъ вода. Когда трубка будетъ запаяна, то въ ней остается безвоздушный пузырекъ пара жидкости. Для полученія выпуклости въ трубкѣ поступаютъ двояко: въ де-

в простых уровнях трубка имѣетъ видъ, показанный на чер. 171, и получается равномернымъ по всей линіи сгибаниемъ на огнѣ обыкновенной цилиндрической трубки; въ болѣе точныхъ уровняхъ трубка не сгибается, а внутренняя поверхность въ прямой цилиндрической трубкѣ шлифуется такъ, что она въ серединѣ расширена; эта внутренняя



Чер. 171.



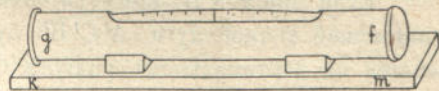
Чер. 172.

поверхность имѣетъ такую форму, какая получится отъ вращенія дуги $a b$ (чер. 172) около нѣкоторой линіи $M N$, называемой осью уровня; уровень такого вида называется шлифованнымъ. Такимъ образомъ въ шлифованномъ цилиндрическомъ уровнѣ ось уровня есть линія, около которой нужно вращать дугу круга для полученія внутренней поверхности трубки. Въ уровнѣ же съ трубкой простой (чер. 171) осью уровня можно назвать воображаемую прямую cd , соединяющую концы дуги уровня, причемъ концы эти берутся на равныхъ расстояніяхъ отъ середины, намѣчаемой заранѣе.

Стеклянная трубка уровня вставляется въ другую—металлическую съ широкимъ въ верхней части. Дальнѣйшее устройство оправы уровня бываетъ различно и зависитъ отъ назначенія уровня. Напримѣръ, если уровень долженъ ставиться на брусокъ или доску для приведенія ихъ въ горизонтальное положеніе, то нижняя поверхность металлической трубки gf (чер. 173) является плоской и параллельной оси уровня; иногда трубка gf соединяется съ металлической пластинкой km (чер. 174), нижняя плоскость которой

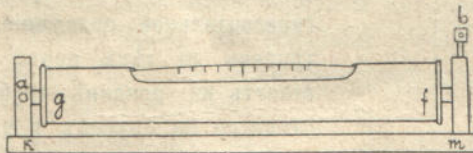


Чер. 173.



Чер. 174.

параллельна оси уровня. Пластика km можетъ быть или наглухо соединена съ трубкой gf (чер. 174), или же посредствомъ шарнира a (чер. 175) въ одномъ концѣ трубки и исправительнаго винта b на другомъ. Посред-



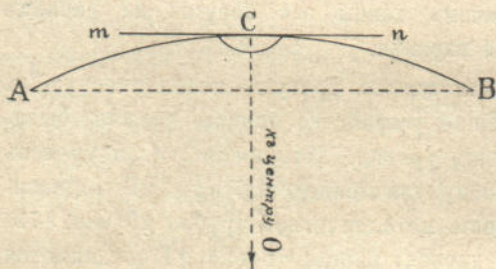
Чер. 175.

ствомъ винта b ось уровня приводится въ положеніе, параллельное нижней плоскости оправы.

Уровень при астролябии укрѣпляется на алидадѣ, и нѣтъ надобности заботиться о нижней поверхности его оправы, какъ выше. Ось уровня устанавливается такъ, чтобы она была параллельна плоскости лимба. Для этого служить исправительный винтъ при концѣ уровня.

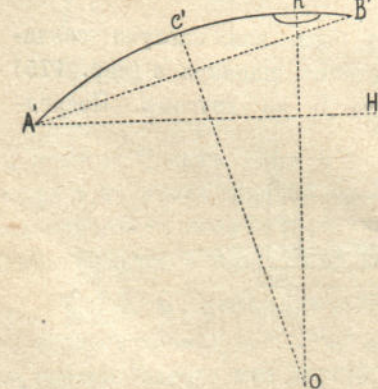
Форма и употребленіе исправительныхъ винтовъ описаны ниже. Теперь же посмотримъ, какое положеніе занимаетъ пузырекъ уровня при горизонтальномъ и при наклонномъ положеніи оси уровня.

Если мысленно разсѣчемъ трубку уровня вертикальной плоскостью, проходящей черезъ ось, то получимъ въ сѣченіи верхней стороны трубки дугу круга. Пусть ACB (чер. 176)—эта дуга; прямая AB —ось уровня и линія ей параллельная. Предположимъ, что AB горизонтальна. O —центр дуги ACB . Линія, соединяющая середину C дуги ACB съ центромъ O будетъ перпендикулярна къ хордѣ AB и, слѣдовательно, будетъ вертикальна. Въ этомъ случаѣ самая высшая точка дуги уровня будетъ въ серединѣ C . Дѣйствительно, если вообразимъ черезъ точку C линію перпендикулярную къ вертикальному радіусу OC , то она будетъ касатель-



Чер. 176.

ной къ дугѣ и при томъ будетъ горизонтальна; слѣдовательно, всѣ точки дуги ACB лежатъ ниже точки C . Середина пузырька уровня и займетъ положеніе въ этой наивысшей точкѣ C , такъ какъ пузырекъ представляетъ легкое тѣло, которое стремится всплыть наверхъ.



Чер. 177.

Такимъ образомъ, если ось уровня горизонтальна, то пузырекъ остановится въ серединѣ трубки, а если ось наклонна, то пузырекъ перейдетъ къ приподнятому концу оси. Поэтому, чтобы привести ось уровня въ горизонтальное положеніе, нужно наклонить уровень до тѣхъ поръ, пока пузырекъ не станетъ на серединѣ трубки. Если уровень ставится на брусокъ или линію плоскости, то при положеніи пузырька его на среднѣ нижній край оправы, а слѣдовательно и брусокъ или линія плоскости будутъ горизонтальны, такъ какъ они параллельны оси уровня.

§ 71. Зависимость между отклонением пузырька уровня от середины и углом наклона оси уровня. На стеклянной трубке уровня наносятся равные деления, по которым оценивается отклонение пузырька от середины. По отклонению пузырька можно определять угол наклона оси уровня к горизонту. Именно пусть $A'H$ (чер. 177) — горизонтальная линия; ось уровня $A'B'$ образует с горизонтальной линией угол $B'A'H$, равный углу $C'OK$: углы эти равны, так как их стороны взаимно-перпендикулярны; но угол $C'OK$ — центральный и потому замѣняется дугой $C'K$. И такъ дуга, на которую отклонится середина пузырька от середины трубки, выраженная въ соответствующихъ единицахъ (градусахъ, минутахъ, секундахъ), дастъ уголъ наклона оси уровня к горизонту; нужно лишь знать въ минутахъ или секундахъ величину одного деления дуги уровня; величина эта называется угловою величиною одного деления или цѣною одного деления. Умножая угловую величину одного деления на число ихъ въ дугѣ отклонения, получимъ искомый уголъ. Этимъ способомъ можно определять только малые углы наклона, при которыхъ пузырьки не уходятъ подъ металлическую оправу.

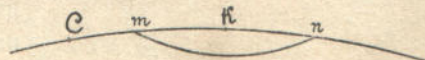
Такъ какъ трудно при значительной длинѣ пузырька указать точно его середину, то замѣнивъ положеніе концовъ пузырька, по отклонениямъ ихъ отъ середины трубки можемъ определять и отклоненіе средней точки между ними. Напр., пусть C — середина трубки (чер. 178). K — середина пузырька m и n ; пусть лѣвый конецъ пузырька отстоитъ отъ точки C влево на $4\frac{1}{2}$ деления, а правый отстоитъ отъ точки C вправо на 10 делений. Чтобы определить положеніе точки K , т. е. найти разстояніе CK , предположимъ, что длина пузырька уменьшается съ обоихъ концовъ на одну и ту же величину m и n ; тогда середина пузырька будетъ



Чер. 178.

на томъ же мѣстѣ, а концы его въ точкахъ S и p , причемъ $pn = mC = 4\frac{1}{2}$ делениямъ. Теперь видимъ, что искомая длина CK равна половинѣ Sp ; но Sp у насъ равно $10 - 4\frac{1}{2}$ делениямъ потому $CK = \frac{10 - 4\frac{1}{2}}{2} = 2\frac{3}{4}$. Такимъ образомъ, если концы пузырька лежатъ по обѣ стороны отъ середины трубки, то отклоненіе середины пузырька равно полуразности отклоненій концовъ его.

Не трудно вычислить положеніе середины пузырька и тогда, когда концы его лежатъ по одну сторону отъ середины трубки; именно — получимъ, что отклоненіе середины пузырька равно полусуммѣ отклоненій концовъ его. Действительно, изъ чер. 179 видно, что CK больше Cm и меньше Cn на одну и ту же величину, а потому CK равно полусуммѣ Cm и Cn .



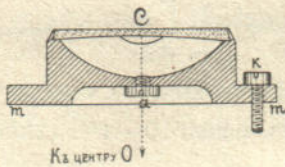
Чер. 179.

§ 72. Чувствительность уровня. Угловая величина одного деления различныхъ уровняхъ бываетъ различна. Это зависитъ отъ радиуса дуги

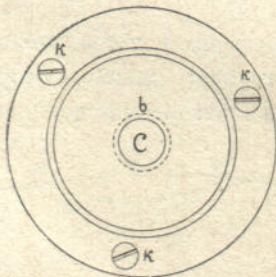
уровня. Дѣйствительно, чѣмъ радіусъ дуги больше, тѣмъ линейная длина дугаго радіуса, минуты или секунды больше, а потому тѣмъ меньше будетъ минутъ или секундъ въ одномъ дѣленіи уровня (при одной и той же длинѣ дѣленія), слѣдовательно, тѣмъ меньше будетъ уголъ наклоенія оси уровня къ горизонту при отклоненіи пузырька отъ середины на одинаковую длину въ различныхъ уровняхъ. Уровень, въ которомъ и при малыхъ углахъ наклоенія оси его пузырекъ отклоняется достаточно, называется чувствительнымъ; для полученія такого уровня нужно взять трубку съ большимъ радіусомъ дуги. Въ хорошихъ уровняхъ при землемѣрныхъ приборахъ радіусъ дуги доходитъ до 1000 футовъ, а цѣна одного дѣленія бываетъ отъ 2-хъ до 30-ти секундъ.

Для полученія чувствительнаго уровня нужно обращать вниманіе еще на слѣдующія обстоятельства: 1) Трубка не должна быть слишкомъ узкою, чтобъ пузырекъ могъ свободно перемѣщаться. 2) Длина пузырька не должна быть ни слишкомъ велика, ни слишкомъ мала,—примѣрно она можетъ быть отъ $\frac{1}{5}$ до $\frac{1}{3}$ длины трубки. (Замѣтимъ, что при нагрѣваніи уровня въ жаркое время длина пузырька уменьшается вслѣдствіе расширенія жидкости). 3) При неравномѣрномъ нагрѣваніи трубки, напр., лучами солнца пузырекъ можетъ давать невѣрное показаніе, т. е. чувствительность его нарушается. Поэтому въ чувствительныхъ уровняхъ при точныхъ приборахъ трубка защищается еще деревянной оправой (т. е. дурнымъ проводникомъ тепла); при работѣ на полѣ чувствительные уровни нужно закрывать отъ солнца зонтомъ. 4) Радіусъ кривизны долженъ быть одинаковъ по всей длинѣ трубки.

§ 73. Круглый уровень. Иногда при астролябіи вмѣсто двухъ цилиндрическихъ уровней имѣется одинъ круглый. Круглый уровень, показанный въ разрѣзѣ на чер. 180 и въ планѣ на чер. 181, представляетъ изъ себя металлическую небольшую круглую коробку закрытую сверху герметически стекломъ.



Чер. 180.



Чер. 181.

Внутренняя поверхность стекла представляетъ шаровой сегментъ. Въ коробкѣ наливаютъ жидкость, какъ и въ цилиндрическомъ уровнѣ, и оставленъ пузырекъ паровъ. Наполняется уровень жидкостью черезъ отверстие а въ днѣ, закрываемое плотно винтомъ. Основаніе уровня имѣетъ видъ кольца тн. Линія CO, проходящая черезъ центръ O шаровой поверхности и середину C сегмента называется осью уровня. При вертикальномъ положеніи этой оси самой высшей точкой поверхности сегмента будетъ точка C, а потому въ этой точкѣ станетъ середина пузырька. При наклонномъ же положеніи

СО пузырекъ сойдетъ съ точки С и станетъ на вертикали, проходящей черезъ центръ О—подобно тому, какъ въ цилиндрическомъ уровнѣ (см. чер. 176—177).

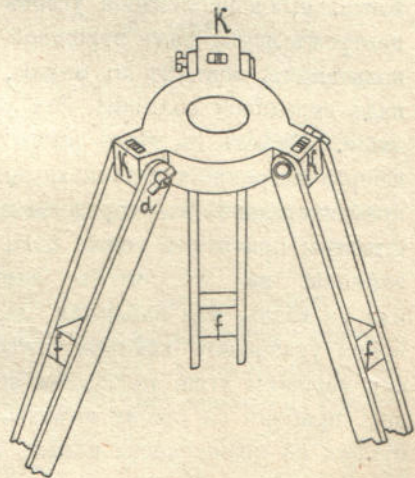
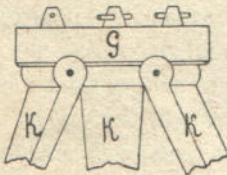
Круглый уровень укрѣпляется на выступѣ алидады. Если круглый уровень употребляется отдѣльно отъ прибора, напр. для приведенія какой либо плоскости въ горизонтальное положеніе, т. е. ставится на нее, то плоскость кольца *mm* въ такомъ уровнѣ должна быть перпендикулярна оси уровня. Въ этомъ заключается необходимое условіе вѣрности круглаго уровня. Если оно соблюдено, то приведа пузырекъ на средину, мы приведемъ ось уровня въ вертикальное положеніе, а слѣдовательно, плоскость кольца *mm*—въ горизонтальное. Тогда будетъ горизонтальна и та плоскость, на которую ставится уровень.

Около точки С, какъ центра, на поверхности стекла проводятся одна или нѣсколько окружностей *b* для того, чтобы вѣрнѣе можно было судить о положеніи пузырька. Радиусъ ОС стекла (шарового сегмента) дѣлается гораздо меньше, чѣмъ въ цилиндрическомъ уровнѣ, именно около 5 фут., поэтому круглый уровень менѣе чувствителенъ; онъ употребляется тамъ, гдѣ не требуется очень точная установка въ горизонтальномъ положеніи.

Иногда черезъ кольцо *mm* проходятъ три исправительные винта *k*, равностоящіе одинъ отъ другого, которыми уровень ставится на плоскость или укрѣпляется къ выступу прибора; въ послѣднемъ случаѣ при винтахъ находятся пружинки, отталкивающія уровень кверху.

§ 74. Штативы. Разсмотримъ главнѣйшіе виды штативовъ, употребляющихся при разныхъ землѣрныхъ инструментахъ.

1) Мюнхенскій штативъ. Астролябія на трехъ подъемныхъ винтахъ навливается иногда на, такъ называемомъ, мюнхенскомъ штативѣ, по-



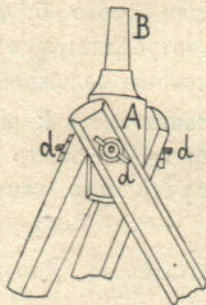
Чер. 182.

Чер. 183.

номъ на чертежѣ 182. G—голова штатива; въ ней снизу сдѣланы три для ножекъ К. Сквозь верхніе концы ножекъ проходятъ металли-

ческие стержни, на которыхъ ножки могутъ вращаться, какъ на шарнирахъ. Отъ середины стержней отходятъ вверхъ болты *e*; болты эти пропущены сквозь голову штатива и на верхніе концы ихъ навинчиваются гайки *d*, и помощью которыхъ можно подтягивать (зажимать) или же отпускать ножки штатива. Въ серединѣ головы штатива имѣется отверстіе *M* для прохода становаго винта. Для опоры подъемныхъ винтовъ въ голову штатива вделаны металлическіе кружки или устроены гнѣзда. Концы ножекъ штатива суживаются металлическими заостренными наконечниками *g* для втыканія въ землю.

2) Французскій штативъ. Голова его имѣетъ видъ круга съ тремя выступами *K* (черт. 183); на эти выступы надѣваются ножки штатива помощью болтовъ и гаекъ *d*. Каждая ножка состоитъ изъ двухъ деревянныхъ планокъ, суживающихся и сближающихся книзу: планки связаны дощечками *f*. Въ головѣ штатива сдѣлано отверстіе для прохода становаго винта. Штативъ этотъ отличается легкостью и притомъ онъ достаточно устойчивъ и проченъ, а потому часто употребляется.



Чер. 184.

3) Штативъ съ цапфой. Онъ состоитъ изъ деревянной треугольной призмы *A* (чер. 184), оканчивающейся вверхъ цапфой *B* въ видѣ усѣченного конуса. Къ призмѣ *A* прикрѣпляются ножки штатива помощью болтовъ и гаекъ *d*. Когда гайка отпущена, то ножка можетъ вращаться на болтѣ. Штативъ этотъ мало устойчивъ, а потому употребляется для легкихъ инструментовъ. На такой штативъ надѣвается гониметръ.

§ 75. Установка астролябіи при работѣ. При измѣреніи горизонтальныхъ проложеній угловъ на мѣстности астролябія устанавливается центромъ лимба надъ вершиной угла; вершина эта обозначается деревяннымъ колышкомъ, вбитымъ въ землю, и отвѣсъ при астролябіи долженъ стоять надъ серединой колышка. Эта установка называется центрированіемъ астролябіи. вмѣстѣ съ тѣмъ лимбъ ея приводится въ горизонтальное положеніе. Сперва астролябія устанавливается приблизительно надъ вершиной угла въ приблизительно въ горизонтальномъ положеніи—передвиженіемъ ножекъ штатива; при этомъ ножки пока не вдавливаются въ землю, и обращается вниманіе на то, чтобы лимбъ былъ по возможности горизонталенъ или на глазъ, или наблюдая даже положеніе пузырька уровня. Если въ время указаннаго дѣйствія отвѣсъ, подвѣшиваемый снизу прибора, уклонится отъ вершины угла, то зажавъ ножки штатива боковыми винтами, поднимаемъ весь приборъ за голову штатива и осторожно переставляемъ такъ, чтобы отвѣсъ по возможности попалъ въ вершину угла; окончательно достигая этого, вдавливая ножки штатива въ землю; замѣтимъ, что ножки должны быть вдавлены прочно. Когда такимъ образомъ приборъ будетъ установленъ точно надъ точкой, то остается привести его окончательно въ горизонтальное

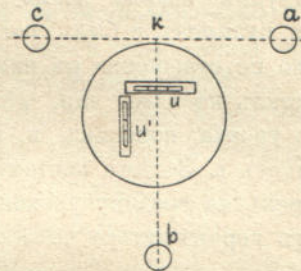
е положеніе по уровню съ помощью подъемныхъ винтовъ. (Ножекъ шта-
ва теперь уже трогать нельзя). Можно кратко выразить все сказанное
сдующимъ образомъ: приборъ устанавливается сперва приблизительно гори-
зонтально, затѣмъ точно надъ точкой и наконецъ точно горизонтально.

Замѣтимъ, что уровни астролябіи помѣщаются на алидадѣ, и оси ихъ
лежатъ въ плоскости, перпендикулярной къ оси вращения алидады и лимба.
Слѣдовательно оси уровней параллельны плоскости лимба; поэтому если ось
вращения алидады будетъ приведена въ вертикальное положеніе, то вмѣстѣ съ
нею плоскость лимба приметъ горизонтальное положеніе.

Посмотримъ, какъ приводится ось вращения алидады точно въ отвѣс-
ное положеніе, а плоскость лимба, слѣдовательно, въ горизонтальное по-
ложеніе въ разныхъ случаяхъ.

I. Если у насъ астролябія на трехъ подъемныхъ винтахъ, а на али-
дадѣ имѣются два уровня, расположенные перпендикулярно одинъ къ дру-
ому (чер. 185), то вращеніемъ лимба или алидады ставимъ одинъ уровень
на два подъемныхъ винта а и с, т. е. такъ, чтобы ось этого уровня была
приблизительно параллельна линіи, соединяющей эти два винта; тогда вто-
рой уровень u' станетъ на 3-й подъемный винтъ b, т. е. ось этого уровня
будетъ параллельна линіи kb, проходящей черезъ 3-й подъемный винтъ и
черезъ середину разстоянія между двумя первыми винтами. Затѣмъ дѣй-

ствуя винтами а и с, приводимъ пузырекъ
перваго уровня на средину, а дѣйствуя
винтомъ b, приводимъ пузырекъ
второго уровня на средину, пока одновре-
менно оба пузырька не будутъ стоять на
серединѣ. Если винтами а и с не приходится
работать, то можно вращать только
лишь изъ нихъ; тогда у насъ вторая рука
будетъ свободна, и мы можемъ одновре-
менно винтомъ b приводить въ горизонталь-
ное положеніе второй уровень. Когда пу-



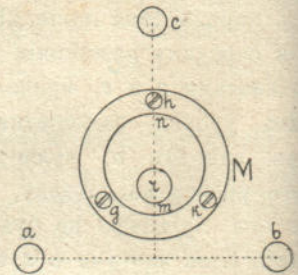
Чер. 185.

зырьки уровней станутъ на срединѣ, то плоскость, въ которой лежатъ оси
уровней, будетъ горизонтальна, а слѣдовательно ось вращения алидады
вертикальна. Такимъ образомъ, при существованіи двухъ уровней при астро-
лябной установкѣ лимба въ горизонтальное положеніе не требуетъ поворо-
та прибора по разнымъ направленіямъ. Послѣ окончанія описанной уста-
новки пузырьки уровней при вращеніи алидады будутъ оставаться на
серединѣ.

При пользованіи здѣсь подъемными винтами нужно соблюдать слѣдую-
щее правило: 1) Передъ установкой астролябіи нужно обратить вниманіе,
чтобы всѣ три винта были ввинчены въ ножки треножника приблизительно
на равную половину нарѣзокъ винтовъ—для возможности вращенія ихъ одинаково
или другую сторону. 2) При одновременной работѣ винтами а и с

для приведенія пузырька уровня на средину нужно оба винта вращать ~~или~~ внутрь, т. е. такъ, чтобы большіе пальцы обѣихъ рукъ двигались къ срединѣ прибора, или же вращать оба винта наружу, т. е. такъ, чтобы большіе пальца удалялись отъ середины прибора. При вращеніи винта внутрь пузырекъ будетъ перемѣщаться въ одну сторону, при вращеніи наружу—пузырекъ пойдетъ въ другую сторону. 3) Для рѣшенія вопроса, внутрь ли вращать винты или же наружу для нужнаго намъ перемѣщенія пузырька, слѣдуетъ помнить слѣдующее легкое правило: пузырекъ уровня при работѣ винтами идетъ за большимъ пальцемъ лѣвой руки, т. е. перемѣщается въ томъ же направленіи, какъ и этотъ палець; или же можно сказать, что пузырекъ идетъ противъ большого пальца правой руки. Напримѣръ, если мы стоимъ передъ приборомъ и держимъ руками головки двухъ подъемныхъ винтовъ, находящихся передъ нами, причемъ ладони рукъ обращены книзу, то для перемѣщенія пузырька уровня слѣва направо нужно винты вращать внутрь.

Подобнымъ же образомъ приводимъ лимбъ въ горизонтальное положеніе съ помощью одного круглаго уровня, который можетъ замѣнить два цилиндрическихъ. Для приведенія пузырька круглаго уровня на средину ставимъ вращеніемъ прибора уровень М между двумя подъемными винтами а и в (чер. 186) и дѣйствуемъ сперва этими винтами такъ, чтобы пузырекъ г былъ расположенъ одинаково по отношенію къ нимъ, т. е. чтобы онъ сталъ на линіи mn , дѣлящей поверхность уровня пополамъ и идущей черезъ 3-й винтъ с. Затѣмъ винтомъ с приводимъ пузырекъ на средину уровня, причемъ онъ будетъ перемѣщаться по линіи mn .



Чер. 186.

Правило относительно перемѣщенія пузырька за большимъ пальцемъ лѣвой руки или противъ большого пальца правой руки справедливо и въ томъ случаѣ, когда мы работаемъ и однимъ какимъ либо винтомъ. Пользуясь указаннымъ правиломъ относительно перемѣщенія пузырька, мы можемъ сразу вращать винты въ надлежащую сторону для перемѣщенія пузырьковъ на средину,—не теряя времени на попытки.

II. Если при той же астролябій имѣется на алидадѣ не два, а одинъ уровень, то закрѣпивъ лимбъ и вращая одну лишь алидаду, ставимъ сперва уровень на два подъемныхъ винта и приводимъ этими винтами пузырекъ на средину; затѣмъ поворачиваемъ уровень (съ алидадой) на третій винтъ и приводимъ тоже пузырекъ на средину однимъ третьимъ винтомъ. Затѣмъ опять переводимъ уровень на 2 первые винта, и если пузырекъ сошелъ съ середины, приводимъ его на средину. Эти дѣйствія повторяемъ до тѣхъ поръ, пока въ обоихъ положеніяхъ алидады пузырекъ уровня не будетъ

стоять на срединѣ. Послѣ этого при полномъ оборотѣ алидады пузырекъ все время будетъ оставаться на срединѣ.

III. Если при астролябіи нѣтъ уровня, то приведеніе лимба въ горизонтальное положеніе дѣлается либо по стрѣлкѣ буссоли (§ 51), либо съ помощью круглаго уровня, который ставится на стеклянную крышку буссоли и пузырекъ котораго приводится на середину подъемными винтами, какъ указано выше (см. I), либо ножками штатива съ цапфой (чер. 184).

§ 76. Измѣреніе весьма острыхъ или весьма тупыхъ угловъ астролябіей. Когда астролябія установлена, то уголь измѣряется наведеніемъ неподвижныхъ діоптровъ по одной сторонѣ угла, а подвижныхъ по другой, какъ объ этомъ сказано въ § 61.

При измѣреніи весьма острыхъ или весьма тупыхъ угловъ можетъ случиться, что обѣ пары діоптровъ астролябіи будутъ отчасти покрывать одна другую и мѣшать наведенію на требуемыя точки. Въ этомъ случаѣ уголь измѣряется одними подвижными діоптрами, именно: діоптры эти наводятся по одной и другой сторонѣ угла и берется разность отсчетовъ; но для того чтобы убѣдиться, что при вращеніи алидады отъ одной стороны угла до другой лимбъ не сдвинулся съ своего мѣста, наводятъ неподвижные діоптры на какую либо отчетливую точку и смотрятъ, сохраняется ли это наведеніе при обоихъ положеніяхъ алидады.

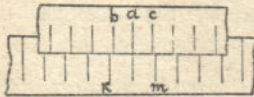
§ 77. Повѣрки астролябіи. Прежде всего нужно провѣрить устойчивость астролябіи и прочность соединенія всѣхъ частей, начиная со штатива. Для этого, приведи приборъ въ горизонтальное положеніе и наведи діоптры на какую либо точку, надавливаемъ слегка на части астролябіи внизъ и въ сторону и замѣчаемъ возвращается ли она, послѣ прекращенія давленія, въ прежнее положеніе, т. е. возвращаются ли пузырьки уровней на средину и волосокъ діоптра на ту же точку; если замѣчается уклоненіе, то ослабѣвшіе винты подтягиваются. Лишь послѣ этого выполняются повѣрки астролябіи; она должна удовлетворять слѣдующимъ условіямъ.

1. Дѣленія лимба и нониуса должны быть вѣрны.

Дѣленія лимба повѣряются съ помощью дуги нониуса, именно: совмѣщаемъ крайнюю черту на одномъ концѣ нониуса послѣдовательно съ нулевой, первой, второй и т. д. чертами лимба; тогда крайняя черта на другомъ концѣ нониуса должна послѣдовательно совпасть точно съ чертами лимба, напр.: съ 29-ой, 30-ой, 31-ой и т. д. (если въ дугѣ нониуса содержится 29 дѣленій лимба). Но нужно замѣтить, что этимъ способомъ можно обнаружить ошибку въ дѣленіяхъ лишь въ томъ случаѣ, если она велика. Поэтому лучше повѣрку дѣленій дѣлать посредствомъ измѣренія на мѣстности одного и того же угла на разныхъ частяхъ лимба. Если получимъ одну и ту же величину угла, то дѣленія лимба вѣрны. При этомъ должна быть принята во вниманіе возможная незначительная разница, происходящая отъ неточности въ наведеніи на вѣху или въ отсчитываніи на лимбѣ, чтобы не припи-

сать ее невѣрности дѣлений лимба. (Слѣдуетъ раньше при неподвижномъ лимбѣ навести нѣсколько разъ діоптры на одну и ту же вѣху, замѣчая получаемые при этомъ отсчеты; если эти отсчеты будутъ различаться, напр., на 1', то разница въ 1' въ указанныхъ выше измѣреніяхъ угла не будетъ означать, что дѣленія не вѣрны).

Дѣленія нониуса повѣряются слѣдующимъ образомъ: прежде всего посмотримъ, совпадаетъ ли точно дуга нониуса съ цѣлымъ числомъ дѣлений лимба. Затѣмъ повѣряемъ отдѣльные дѣленія нониуса: совмѣщаемъ послѣдовательно каждую черту нониуса, какъ черту *a* (чер. 187), съ одной и той же



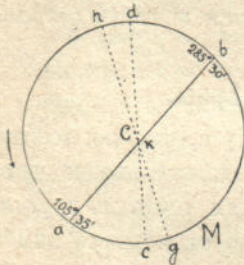
Чер. 187.

чертой лимба и посмотримъ, одинаково ли на глазъ отстоятъ двѣ смежныя справа и слѣва черты *b* и *c* нониуса отъ ближайшихъ черточекъ *k* и *m* лимба. Если это выполнено для всѣхъ черточекъ нониуса, то мы получимъ послѣдовательно, что первое дѣленіе нониуса равно второму, второе—третьему, и т. д.

2. Алидада или точнѣе—линія, соединяющая нули нониусовъ алидады (нулевая линия), не должна имѣть эксцентрицитета, т. е. должна вращаться въ центрѣ лимба. Если же имѣется эксцентрицитетъ, то это должно быть принимаемо въ расчетъ при измѣреніи угловъ.

Чтобы повѣрить, не имѣетъ ли алидада эксцентрицитета, посмотримъ, одинаковые ли получаются отсчеты минутъ по нониусу по обоимъ концамъ алидады при разныхъ положеніяхъ алидады на лимбѣ. Если—одинаковые, то нулевая линия алидады проходитъ черезъ центръ лимба. Если же отсчеты минутъ не одинаковы, то имѣется эксцентрицитетъ; тогда для полученія вѣрнаго отсчета беремъ полусумму минутъ по обоимъ нониусамъ (число же градусовъ берется по одному концу алидады—у глазного діоптра).

Для поясненія сказаннаго рассмотримъ чер. 188; *C*—центръ лимба; *ab* положеніе нулевой линіи алидады; *k*—ось вращенія алидады. Длина *Sk*, т. е. разстояніе отъ центра лимба до оси вращенія алидады наз. эксцентрицитетомъ алидады. Пусть отсчетъ при точкѣ *a* у глазного діоптра равенъ напр. $105^{\circ}35'$; при положеніи нулевой линіи алидады, показанномъ на чертежѣ, дуга *aMb* менѣе 180° ; слѣдовательно, отсчетъ при точкѣ *b* будетъ не $285^{\circ}35'$, а меньше, напр. $285^{\circ}30'$, т. е. число минутъ получится другое. Если эксцентрицитетъ существуетъ, то онъ



Чер. 188.

бываетъ на столько малъ, что вліяетъ лишь на минуты въ отсчетахъ. Не нужно думать, что при существованіи эксцентрицитета алидады разница въ числахъ минутъ по обоимъ нониусамъ будетъ одинакова для разныхъ положеній алидады: чѣмъ ближе нулевая линія алидады при своемъ вращеніи подойдетъ къ центру лимба, тѣмъ разница въ минутахъ будетъ меньше (см. положеніе *cd* нулевой линіи). Можетъ быть даже такое положеніе алидады, при которомъ числа минутъ получатся одинаковыя—именно,

но это случается только въ томъ случаѣ, когда эксцентрицитетъ равенъ нулю.

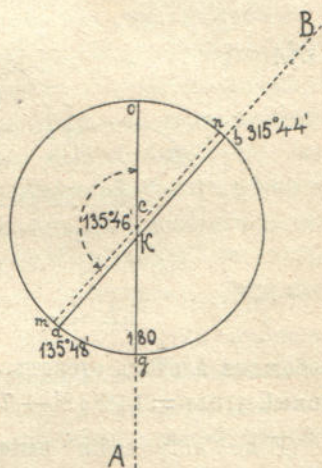
если нулевая линия алидады пройдетъ черезъ центръ лимба, напр., — какъ линия gh . Разница въ числахъ минутъ по обоимъ нониусамъ не должна превосходить три раза взятой точности нониуса; въ противномъ случаѣ нельзя будетъ пользоваться нониусами при отсчетахъ, и приборъ долженъ быть признанъ негоднымъ. Эксцентрицитетъ алидады встрѣчается очень часто въ астролябии (и другихъ угломерныхъ приборахъ), вследствие трудности изготовленія совершенно точнаго прибора; тѣмъ не менѣе и въ такомъ случаѣ мы можемъ измерять углы съ надлежащей точностью, освобождая получаемые при измереніи результаты отъ ошибки. Измеряемъ, напр. уголъ АКВ (чер. 189); предположимъ пока, что мы направляемъ по сторонамъ угла не діоптры, а нулевой діаметръ лимба (по КА) и нулевую линію аб алидады (по КВ). Пусть отсчетъ а по нониусу у глаза равенъ, напр., $135^{\circ}48'$; число же минутъ по второму нониусу (обращенному къ предмету) равно $44'$; для освобожденія результата отъ вліянія эксцентрицитета берутъ число цѣлыхъ градусовъ угла по указателю (нулю) нониуса у глаза, число же минутъ получается какъ среднее арифметическое (полусумма) изъ чиселъ минутъ по обоимъ нониусамъ. Слѣдовательно, въ нашемъ случаѣ измеряемый уголъ будетъ равенъ $135^{\circ}46'$, гдѣ $46' = \frac{48' + 44'}{2}$.

Справедливость этого правила можетъ быть доказана такъ же, какъ при разсмотрѣніи эксцентрицитета стрѣлки буссоли (§ 52). Замѣтимъ, что полусумму чиселъ минутъ можно получить проще, прибавивъ къ меньшему числу половину разницы между ними или вычтя эту половину изъ бѣльшаго числа: въ нашемъ примѣрѣ получимъ $44' + 2' = 46'$ или $48' - 2' = 46'$.

Пояснимъ на чертежѣ, что такое—результатъ или отсчетъ, освобожденный отъ вліянія эксцентрицитета, напр. при измереніи угла АКВ (чер. 189). Проведемъ черезъ центръ лимба с діаметръ mn , параллельный нулевой линіи аб алидады; тогда $\angle om$ при центрѣ лимба, равный углу $\angle oKa$ или углу $\angle BKA$, будетъ измеряться дугой om ; такимъ образомъ отсчетъ при точкѣ m далъ бы намъ сразу величину измеряемаго угла. Это показываетъ, что отсчетъ, освобожденный отъ вліянія эксцентрицитета, есть тотъ отсчетъ, который получился бы по нониусу при глазномъ діоптрѣ, если бы нулевая линія алидады передвинулась параллельно самой себѣ и прошла черезъ центръ лимба.

Обратимъ вниманіе на слѣд. особый случай. Если отсчеты по обоимъ нониусамъ оказались бы, наприм., $137^{\circ}58'$ (при глазномъ діоптрѣ) и $318^{\circ}4'$ (при предметномъ), то нельзя брать для числа минутъ полусумму $58'$ и $4'$, а полусумму $58'$ и $64'$; искомый уголъ равенъ

$$137^{\circ} + \frac{58' + 64'}{2} = 137^{\circ} + 61' = 138^{\circ} 1'.$$

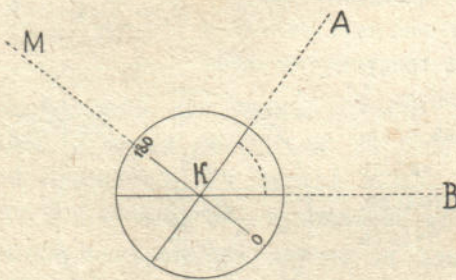


Чер. 189.

Разсмотрѣнный случай имѣеть ту особенность, что отсчетъ по одному концу алидады содержитъ большое число минутъ, близкое къ $60'$, а отсчетъ по другому содержитъ всего нѣсколько минутъ.

До сихъ поръ мы предполагали, что при измѣреніи угла нулевой диаметръ лимба направленъ по одной сторонѣ угла, а нулевая линія алидады по другой. Разсмотримъ теперь случай, когда уголъ измѣряется наведеніемъ діоптровъ алидады сперва по одной сторонѣ угла, затѣмъ по другой. Въ этомъ случаѣ (чер. 190) нашъ уголъ AKB = разности угловъ $\angle \text{BKM}$ и $\angle \text{AKM}$, гдѣ KM есть направленіе нулевого діаметра лимба.

Поэтому уголъ AKB будетъ = разности двухъ отсчетовъ при наведеніи алидады на точку A и на точку B , причемъ каждый изъ этихъ отсчетовъ долженъ быть предварительно освобожденъ отъ вліянія эксцентрицитета.



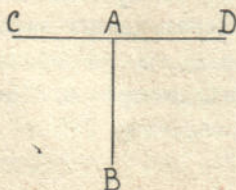
Чер. 190.

Напр. при наведеніи діоптровъ на точку A замѣченъ отсчетъ по нониусу при глазномъ діоптрѣ $75^{\circ}48'$, число же минутъ по второму нониусу = $54'$. Освобождая этотъ отсчетъ отъ вліянія эксцентрицитета, получимъ $75^{\circ}51'$. При наведеніи же діоптровъ на точку B получены соответственные числа $148^{\circ}16'$ и $20'$.

Освобождая и этотъ отсчетъ отъ вліянія эксцентрицитета, получимъ: $148^{\circ}18'$. Искомый уголъ = $148^{\circ}18' - 75^{\circ}51' = 72^{\circ}27'$.

(Если астролябія имѣеть не полный лимбъ, а полукругъ, то чтобы узнать, вращается ли алидада въ центрѣ лимба, измѣряемъ одинъ и тотъ же уголъ мѣстности на разныхъ частяхъ лимба; если получимъ одинаковые результаты, то эксцентрицитета нѣтъ).

3. Ось каждого цилиндрическаго уровня должна быть перпендикулярна къ оси вращенія алидады, т. е. должна лежать въ плоскости перпендикулярной къ оси вращенія алидады. Положимъ сперва, что при алидадѣ имѣется одинъ уровень. Ставимъ для повѣрки уровень „на два подъемныхъ винта“ вращеніемъ алидады и приводимъ пузырекъ на средину, дѣйствуя этими двумя винтами. Затѣмъ оставляя лимбъ неподвижнымъ, поворачиваемъ алидаду ровно на 180° ,—для этого пользуемся дѣленіями лимба. Если въ новомъ положеніи алидады пузырекъ уровня опять остановится на срединѣ, то уровень вѣренъ. Это можно пояснить

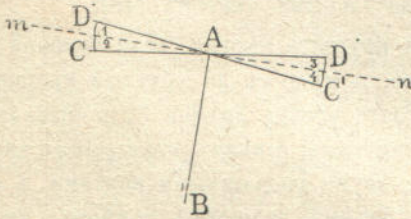


Чер. 191.

чертежемъ 191, на которомъ AB —ось вращенія алидады, а CD —ось уровня или же плоскость (боковой видъ), перпендикулярная къ AB и содержащая ось вѣрнаго уровня. Чертежъ показываетъ, что горизонтальная линія CD , т. е. ось вѣрнаго уровня, послѣ

вращенія около оси АВ на 180° останется горизонтальной, и потому пузырекъ уровня остановится опять на срединѣ.

Если же уровень не вѣренъ, т. е. $\angle САВ$ не прямой (чер. 192), то послѣ поворота алидады на 180° пузырекъ сойдетъ со средины, такъ какъ



Чер. 192.

ось уровня изъ горизонтальнаго положенія CD придетъ въ наклонное положеніе $C'D'$. Для исправленія уровня передвигаемъ теперь пузырекъ назадъ на половину отклоненія, дѣйствуя исправительнымъ винтомъ при уровнѣ. Вторую же половину отклоненія пузырька уничтожаемъ подъемными винтами,

т. е. приводимъ такимъ образомъ ось уровня опять въ горизонтальное положеніе. Поправка уровня, собственно говоря, должна быть уже окончена; но обыкновенно намъ не удастся перевести пузырекъ сразу точно на половину отклоненія, а потому повѣрку повторяемъ; для этого вращаемъ опять алидаду на 180° . Если пузырекъ останется на срединѣ, то исправленіе окончено; если же онъ сойдетъ со средины, то поступаемъ по предыдущему.

Полезно при выполненіи этой повѣрки ставить иногда уровень и на третій подъемный винтъ и приводить пузырекъ его этимъ винтомъ на средину (т. е. дѣлать одновременно и установку астролябii) для того, чтобы ось вращенія алидады не была сильно наклонена по направленію третьяго винта, такъ какъ это можетъ мѣшать быстрому выполненію повѣрки и исправленію уровня.

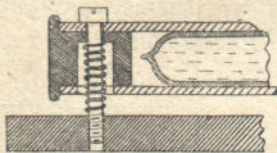
Чтобы объяснить, почему при исправленіи уровня пузырекъ нужно переводить исправительнымъ винтомъ на половину отклоненія, рассмотримъ чертежъ 192. Здѣсь CD—ось невѣрнаго уровня, приведенная въ горизонтальное положеніе подъемными винтами при началѣ повѣрки. АВ—ось вращенія алидады; пусть она образуетъ съ осью уровня не прямой, а острый уголъ ВАС. Послѣ поворота алидады на 180° около оси АВ ось уровня займетъ наклонное положеніе $C'D'$, причемъ $\angle ВАС = \angle ВАС'$. Чтобы исправить уровень, мы должны ось его привести въ положеніе mn, пердикулярное къ АВ, а для этого линія mn должна раздѣлить пополамъ $\angle CAD'$, тогда $\angle 2 = \angle 4$, какъ половины равныхъ угловъ; уголъ же САВ = углу $C'AB$, а потому и $\angle mAB = \angle nAB$, т. е. $mn \perp АВ$. Линія mn наклонена къ горизонту (къ линіи CD) на уголъ вдвое меньшій угла наклоненія оси $C'D'$, и чтобы перевести ось уровня изъ положенія $C'D'$ въ положеніе mn, не трогая оси АВ, нужно пузырекъ перевести исправительнымъ винтомъ назадъ на половину отклоненія.

Если при алидадѣ имѣются 2 взаимно-перпендикулярныхъ уровня, то для повѣрки ставимъ одинъ изъ нихъ на два подъемныхъ винта; тогда второй станетъ на третій винтъ. Приводимъ пузырьки ихъ на средину подъем-

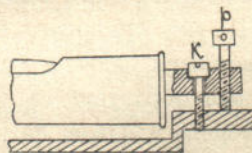
ними винтами и затѣмъ вращаемъ алидаду на 180°. Если оба пузырька по прежнему останутся на срединѣ, то оба уровня вѣрны. Если же пузырьки сойдутъ со средины, то исправляемъ по предыдущему сперва одинъ уровень, затѣмъ другой. (Можно, исправивъ одинъ уровень, привести однимъ этимъ уровнемъ приборъ въ горизонтальное положеніе, и тогда пузырекъ 2-го уровня передвинуть на средину исправительнымъ винтомъ его).

Подобно этому дѣлается повѣрка круглаго уровня, если таковой имѣется при алидадѣ, причемъ безразлично, помѣщенъ ли круглый уровень въ центрѣ прибора или внѣ его. Ось круглаго уровня должна быть параллельна оси вращенія алидады. Повѣрка дѣлается такъ: ставимъ вращеніемъ алидады круглый уровень М (черт. 186) между двумя подъемными винтами а и в и приводимъ пузырекъ его на средину. Затѣмъ вращаемъ приборъ на пол-оборота; если пузырекъ останется на срединѣ, то уровень вѣренъ; если же пузырекъ сошелъ со средины, то сперва двумя исправительными винтами g и k передвигаемъ пузырекъ, приближая его къ линіи mn на половину отклоненія; приведя затѣмъ пузырекъ окончательно на линію mn подъемными винтами а и в, вновь вращаемъ алидаду на $\frac{1}{2}$ оборота для повторенія повѣрки. Когда пузырекъ болѣе не сходитъ съ линіи mn, а перемѣщается лишь по этой линіи, то для окончательнаго исправленія уровня работаемъ третьимъ исправительнымъ винтомъ h, передвигая пузырекъ по линіи mn назадъ на $\frac{1}{2}$ его отклоненія отъ средины; вторую половину уничтожаемъ подъемнымъ винтомъ с. Приведа такимъ образомъ пузырекъ уровня на средину, повторяемъ повѣрку, т. е. вновь вращаемъ алидаду на $\frac{1}{2}$ оборота.

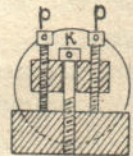
Исправительный винтъ цилиндрическаго уровня устраивается различно. На чертежахъ 193, 194 и 195 показаны исправительные винты разнаго вида. Первый изъ нихъ (черт. 193) состоитъ изъ одного только винта съ



Черт. 193.



Черт. 194.



Черт. 195.

пружинкою; винтъ проходитъ свободно черезъ конецъ уровня (безъ нарѣзки) и входитъ своей нарѣзкой въ подставку, надавливая на конецъ уровня своей шляпкой. Если нужно конецъ уровня поднять, то винтъ вывинчивается, и пружинка отталкиваетъ конецъ уровня кверху; при завинчиваніи же винта пружинка сжимается, и конецъ уровня опускается.

На черт. 194 показано исправленіе уровня съ помощью двухъ винтовъ к и р; изъ нихъ винтъ к входитъ своей винтовой нарѣзкой въ подставку уровня, (напр. въ дно коробки буссоли), проходя свободно черезъ конецъ уровня, и при завинчиваніи надавливаетъ на конецъ уровня своей шляпкой книзу, винтъ же р вращается своей нарѣзкой въ концѣ уровня, но не вхо-

дять въ подставку его, а лишь надавливаютъ на нее своимъ концомъ и такимъ образомъ оттягиваетъ конецъ уровня кверху. При исправленіи уровня нужно различать, который винтъ тянетъ книзу, который—кверху; винтъ р, оттягивающій кверху, нѣсколько выступаетъ надъ концомъ уровня, винтъ же к, надавливающій на конецъ уровня книзу, плотно прилегаетъ или даже входитъ своей шляпкой въ конецъ уровня. При исправленіи уровня нужно работать винтами к и р въ извѣстномъ порядкѣ. Положимъ, что конецъ уровня нужно опустить, чтобы пузырекъ удалился отъ этого конца. Тогда сперва отпускаемъ (вывинчиваемъ) винтъ к, а затѣмъ подтягиваемъ (завинчиваемъ) винтъ р; тогда конецъ уровня опустится. Если же конецъ уровня нужно приподнять, то отпускаемъ (вывинчиваемъ) сперва винтъ к, а затѣмъ завинчиваемъ винтъ р. Нужно помнить, что въ концѣ концовъ оба винта должны стать такъ, чтобы ни одинъ изъ нихъ нельзя было дальше ввинчивать (т. е. чтобъ одинъ уперся концомъ своимъ въ подставку уровня, а другой надавилъ шляпкой на конецъ уровня).

Иногда устраиваютъ вмѣсто одного оттягивающаго винта р два подобныхъ винта, расположенныхъ по обѣ стороны винта к (чер. 195—разрѣзъ перпендикулярно оси уровня).

Исправительные винты при кругломъ уровнѣ бываютъ вида, показаннаго на чер. 193 или же на чер. 194. Въ первомъ случаѣ пружинка, оттягивающая уровень кверху, можетъ быть поставлена въ отдѣльномъ гнѣздѣ возлѣ винта.

4. Оси вращенія лимба и алидады должны совпадать. Чтобы повѣрить это условіе, приводимъ ось вращенія алидады въ отвѣсное положеніе съ помощью уровней (послѣ ихъ повѣрки), дѣйствуя подъемными винтами. Если будемъ теперь медленно вращать алидаду, оставляя лимбъ неподвижнымъ, то пузырьки уровней все время будутъ оставаться на срединѣ; это будетъ свидѣтельствовать, что уровни хорошо вывѣрены и ось вращенія алидады хорошо установлена въ отвѣсномъ положеніи. Теперь для производства нужной намъ здѣсь повѣрки станемъ вращать лимбъ вмѣстѣ съ алидадой; если пузырьки уровней будутъ по прежнему при полномъ оборотѣ лимба оставаться на срединѣ, то оси уровней перпендикулярны и къ оси вращенія лимба; а слѣдовательно, оси вращенія лимба и алидады совпадаютъ или по крайней мѣрѣ параллельны между собою. Если же пузырьки сходятъ съ середины, то ось вращенія лимба не вертикальна и слѣдов., она не совпадаетъ съ осью вращенія алидады. Если отклоненіе пузырьковъ отъ середины уровня—значительно, то приборъ не годится для работы; при небольшомъ же отклоненіи пузырька приборъ можетъ быть употребляемъ, такъ какъ небольшое уклоненіе лимба отъ горизонтальнаго положенія не отзывается чувствительно на результатахъ измѣренія угловъ.

5. Плоскость лимба должна быть перпендикулярна къ оси вращенія алидады. Для повѣрки вращаемъ алидаду по лимбу и наблюдаемъ, не отстаютъ ли въ нѣкоторыхъ мѣстахъ конецъ алидады отъ лимба при

полномъ оборотѣ алидады. Если отстаетъ, то это можетъ происходить либо отъ неперпендикулярности плоскости лимба къ оси вращения алидады, либо отъ погнутія лимба.

6. Коллимаціонныя плоскости верхнихъ и нижнихъ діоптровъ въ каждой парѣ должны совпадать. Это можетъ быть повѣрено такъ же, какъ и въ экерѣ (см. § 35, повѣрка 1). Но можно повѣрку эту для подвижныхъ діоптровъ произвести иначе, именно: установивъ приборъ, закрѣпляемъ лимбъ неподвижно, наводимъ, напр., верхнюю пару подвижныхъ діоптровъ на какую либо точку и замѣчаемъ показанія ноніусовъ; затѣмъ вращаемъ алидаду на полоборота, наводимъ нижнюю пару діоптровъ алидады на ту же точку и замѣчаемъ опять показанія обоихъ ноніусовъ. Если отсчетъ по ноніусу, освобожденный отъ вліянія эксцентрицитета, въ обоихъ случаяхъ получается одинъ и тотъ же, то условіе 6-е выполнено для подвижныхъ діоптровъ. Чтобы убѣдиться, что при вращеніи алидады лимбъ не сдвинулся съ мѣста, наблюдаемъ, покрываетъ ли волосокъ неподвижныхъ діоптровъ одну и ту же точку при первомъ и второмъ положеніи алидады. Можетъ случиться, что при вторичномъ наведеніи діоптровъ на точку послѣ вращенія алидады на полоборота мы не получимъ отсчета, согласнаго съ первымъ; но—небольшая разница можетъ происходить отъ неточности въ наведеніи діоптровъ, а потому сдвигаемъ немного алидаду нѣсколько разъ и наводимъ вновь діоптры на точку,—какъ при наведеніи верхнихъ, такъ и нижнихъ діоптровъ алидады. Замѣчая каждый разъ показанія ноніусовъ, мы можемъ рѣшить, происходитъ ли получаемая небольшая разница результатовъ отъ несоблюденія 6-го условія, или же отъ неточности наведенія діоптровъ на точку. Замѣтимъ, что 6-ая повѣрка должна быть произведена главнымъ образомъ для подвижныхъ діоптровъ, такъ какъ неподвижные наводятся всегда одинаково, т. е. одной и той же парой (верхней или же нижней), именно такъ, что нуль лимба обращенъ къ глазу.

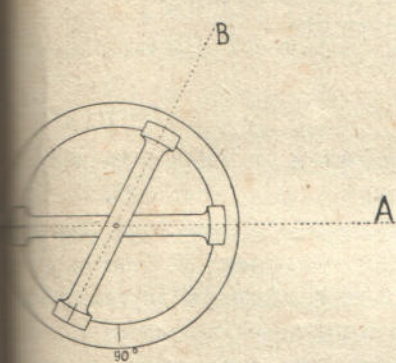
7. Коллимаціонныя плоскости діоптровъ должны быть перпендикулярны плоскости лимба. Для повѣрки приводимъ лимбъ по уровню въ горизонтальное положеніе и наводимъ діоптры на шнуръ отвѣса, подвѣшеннаго саженьяхъ въ двадцати, и поступаемъ такъ же, какъ при повѣркѣ перпендикулярности коллимаціонной плоскости діоптровъ къ кольцу буссоля (§ 51, повѣрка 6).

8. При совмѣщеніи коллимаціонныхъ плоскостей неподвижныхъ и подвижныхъ діоптровъ нуль ноніуса долженъ совпадать съ нулемъ лимба (т. е. астролябія не должна имѣть коллимаціонной ошибки). Необходимость выполненія этого условія разъяснена выше въ § 61; при соблюденіи его мы можемъ пользоваться для измѣренія угловъ неподвижными и подвижными діоптрами астролябіи, наводя одни по одной сторонѣ угла, а другіе—по другой, что ускоритъ работу. Такимъ образомъ, для возможности пользованія неподвижными діоптрами необходимо, чтобы при совмѣщеніи съ ними подвижныхъ діоптровъ получался отсчетъ на лимбѣ по

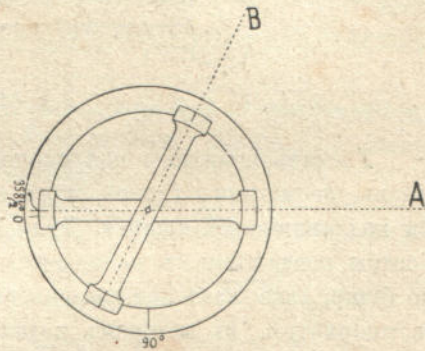
нулю—нуль (но иътъ необходимости, чтобы коллимаціонная плоскость неподвижныхъ діоптровъ, прикрѣпленныхъ къ лимбу, проходила точно по нулевому діаметру лимба).

Если же при совмѣщеніи плоскостей діоптровъ нуль ноніуса показаль уже, напр., 2° на лимбѣ (чер. 196), то отсчетъ по ноніусу при измѣненіи угла наведеніемъ неподвижныхъ діоптровъ на точку А, а подвижныхъ на точку В былъ бы больше истиннаго угла на 2° . Для полученія истиннаго угла нужно въ этомъ случаѣ изъ всѣхъ отсчитанныхъ угловъ вычесть величину 2° , называемую коллимаціонной ошибкой.

Если же нуль ноніуса при совмѣщеніи плоскостей діоптровъ показаль напр., $358\frac{1}{2}^\circ$ (чер. 197), то отсчетъ при наведеніи подвижныхъ діоптровъ на точку В былъ бы меньше истиннаго угла на $1\frac{1}{2}^\circ$. Въ этомъ случаѣ изъ всѣхъ отсчитанныхъ угламъ нужно было бы прибавить коллимаціонную ошибку $1\frac{1}{2}^\circ$.



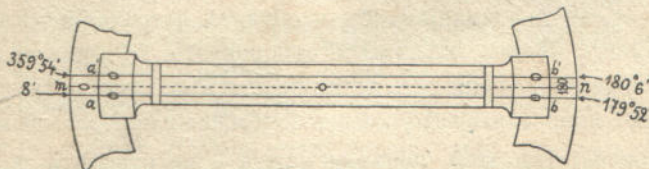
Чер. 196.



Чер. 197.

Такимъ образомъ, при существованіи коллимаціонной ошибки въ астрономическомъ приборѣ, мы не сможемъ исправить этого недостатка въ приборѣ, но можемъ освободиться отъ вліянія его на наши измѣренія,—прибавляя одну и ту же коллимаціонную ошибку ко всѣмъ измѣреннымъ угламъ или же вычитая.

Прибавимъ къ этому, что если бы алидада имѣла эксцентрицитетъ, то 8-ая глава выражалась бы такъ: „при совмѣщеніи коллимаціонныхъ плоскостей неподвижныхъ и подвижныхъ діоптровъ нулевая линия алидады должна быть перпендикулярна нулевому діаметру лимба, т. е. отсчетъ по ноніусу, освобожденный отъ вліянія эксцентрицитета, долженъ быть равенъ нулю“; такимъ образомъ, если m (чер. 198)—нулевой діаметръ лимба, то нулевая линия

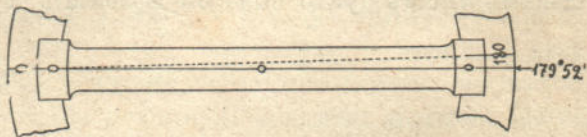


Чер. 198.

при совмѣщеніи плоскостей діоптровъ должна бы занимать положе-

ніе либо ab , либо $a'b'$: тогда отсчеты при a и b , а также при a' и b' будут отличаться от 0° и 180° на ту же величину; наприм., если при точкѣ a отсчетъ равенъ $8'$, то при точкѣ b будетъ $179^\circ 52'$; если при точкѣ a' будетъ $359^\circ 54'$, то при точкѣ b' — $180^\circ 6'$. Въ этихъ случаяхъ коллимаціонныя ошибки не будутъ, такъ какъ отсчетъ, освобожденный отъ вліянія эксцентрицитета, будетъ равенъ 0 (нулю).

Замѣтимъ, что если бы при совмѣщеніи коллимаціонныхъ плоскостей діоптровъ нуль нониуса при глазномъ діоптрѣ совпалъ бы съ нулемъ второго діоптра, а нуль второго нониуса показалъ бы, напр., $179^\circ 52'$ (чер. 199), то означало бы, что коллимаціонная ошибка существуетъ, такъ какъ отсчетъ, освобожденный отъ вліянія эксцентрицитета, былъ бы $359^\circ 56'$; коллимаціонная ошибка равна здѣсь $4'$.



Черт. 199.

Уяснивъ понятіе о коллимаціонной ошибкѣ и ея вліяніи на измѣненіе угловъ, посмотримъ теперь, какъ на практикѣ узнать, нѣтъ ли въ астролябіи коллимаціонной ошибки. Дѣло въ томъ, что невозможно совмѣстить діоптры подвижныя съ неподвижными просто наведеніемъ ихъ на одну и ту же точку, такъ какъ при визированіи одни діоптры мѣшаютъ другимъ. Такъ какъ въ гониометрѣ, въ которомъ подвижныя діоптры находятся выше неподвижныхъ, можно повѣрку продѣлать такимъ образомъ: установивъ гониометръ горизонтально, наводимъ сперва неподвижныя, а затѣмъ подвижныя діоптры на одну и ту же точку, напр. на вѣху, поставленную саженьяхъ въ 20. Если при этомъ отсчетъ на лимбѣ по нониусу будетъ равенъ нулю, то коллимаціонной ошибки нѣтъ. Если же отсчетъ по нониусу равенъ, напр., $8'$, это и будетъ коллимаціонная ошибка. Въ астролябіи же обыкновенной, которой нельзя совмѣстить плоскости діоптровъ, повѣрка 8-ая выполняется слѣдующимъ образомъ. Отнявъ неподвижныя діоптры, измѣряемъ какой-нибудь уголъ одними подвижными, какъ разсказано выше въ § 61. Мы получимъ такимъ образомъ вѣрную величину угла. Затѣмъ, прикрѣпивъ неподвижныя діоптры, измѣряемъ тотъ же уголъ, наводя неподвижныя діоптры по одной сторонѣ угла, а подвижныя по лѣвой. Если мы теперь получимъ для этого угла ту же величину, то коллимаціонной ошибки въ астролябіи нѣтъ. Если же второй результатъ будетъ отличаться отъ перваго, то значить—второй результатъ не вѣренъ: разница между ними дастъ коллимаціонную ошибку, которую нужно поправлять во все углы при пользованіи неподвижными діоптрами.

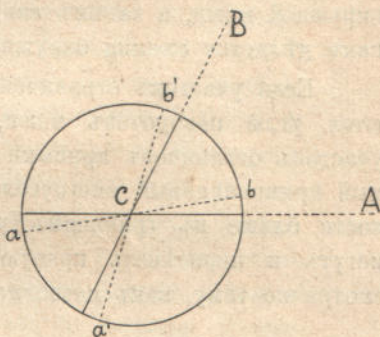
При производствѣ этой повѣрки можно и не отнимать неподвижныя діоптры, а нужно измѣрить уголъ одними подвижными діоптрами на одной части лимба, для которой неподвижныя діоптры не мѣшали бы; неподвижныя

ные диоптры тогда могут быть наведены на какую нибудь точку и служить для проверки, не сдвинулся ли лимбъ при вращеніи алидады отъ одной стороны угла до другой; вычтя одинъ изъ другого два отсчета на лимбѣ при наведеніи по одной и по другой сторонѣ угла, получимъ вѣрную величину угла.

Полезно для большей надежности произвести проверку коллимаціонной ошибки нѣсколько разъ.

Понятно, что въ астролябии, имѣющей лишь одну пару диоптровъ (при алидадѣ), проверка 8-ая отпадаетъ. Относительно коллимаціонной плоскости диоптровъ въ этомъ случаѣ замѣтимъ, что указатель на концѣ алидады можетъ и не лежать въ коллимаціонной плоскости диоптровъ, и тѣмъ не менѣе—на сколько повернется (при измѣреніи угла) коллимаціонная плоскость диоптровъ отъ направленія СА до направленія СВ, на столько же передвинется и нулевая линия алидады отъ положенія ab до положенія $a'b'$, т. е. разность отсчетовъ на лимбѣ и теперь дастъ вѣрную величину угла (чер. 200); такъ $\angle ACB = \angle aCa'$.

Изъ разсмотрѣнныхъ 8 проверокъ 1-ая, 4-ая и 8-ая выполняются одинъ разъ—при покупкѣ прибора; 5-ая, 6-ая и 7-ая проверки должны быть выполнены какъ при покупкѣ прибора, такъ и впоследствии, когда по причинѣ случайныхъ грубыхъ толчковъ можно ожидать нарушенія правильнаго положенія частей прибора. При несоблюденіи 1-го, 4, 5, 6 и 7-го требованій приборъ долженъ быть признанъ негоднымъ къ работѣ. Что касается требованія 8-го, то невыполненіе его не имѣетъ такого значенія, такъ какъ всѣ измѣряемые углы мы можемъ исправлять на величину коллимаціонной ошибки. Проверка 2-ая должна быть тоже выполнена одинъ разъ при покупкѣ прибора для того, чтобы убѣдиться, не слишкомъ великъ эксцентрицитетъ (см. выше), но затѣмъ при существованіи незначительнаго эксцентрицитета мы должны постоянно при работѣ освобождать отсчеты отъ его вліянія. Наконецъ проверка 3-ья не имѣетъ значенія при покупкѣ прибора, такъ какъ уровни легко исправить; проверять уровни нужно ежедневно передъ работой, такъ какъ при переноскѣ, а особенно при перевозкѣ прибора исправительные винты уровней могутъ быть нарушены.



Чер. 200.

Проверка 2-ая должна быть тоже выполнена одинъ разъ при покупкѣ прибора для того, чтобы убѣдиться, не слишкомъ великъ эксцентрицитетъ (см. выше), но затѣмъ при существованіи незначительнаго эксцентрицитета мы должны постоянно при работѣ освобождать отсчеты отъ его вліянія. Наконецъ проверка 3-ья не имѣетъ значенія при покупкѣ прибора, такъ какъ уровни легко исправить; проверять уровни нужно ежедневно передъ работой, такъ какъ при переноскѣ, а особенно при перевозкѣ прибора исправительные винты уровней могутъ быть нарушены.

§ 78. Проверка дѣлений кольца буссоли съ помощью дѣлений лимба астролябии (см. § 52).

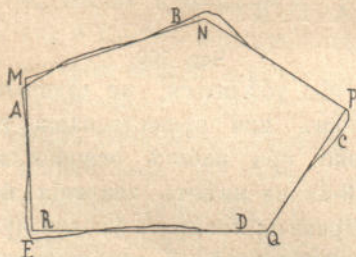
Дѣления кольца буссоли, находящейся при астролябии, можно проверить съ помощью вывѣренныхъ уже дѣлений лимба астролябии. Для этого наводимъ приборъ горизонтально, замѣчаемъ отсчетъ на лимбѣ, напр. 10° , а также отсчетъ по стрѣлкѣ буссоли, напр. 10° ; (можно вращеніемъ буссоли оставить и буссоль на отсчетъ 50°). Затѣмъ поворачиваемъ посте-

ленно алидаду по лимбу на равные углы, отсчитываемые по нониусу, напр. по 30° . Вместе съ алидадой будетъ поворачиваться и буссоль. Если при этомъ замѣтимъ, что стрѣлка буссоли будетъ показывать на кольцо такое же точно приращеніе отсчетовъ по 30° , то дѣленія буссоли вѣрны. Для полной повѣрки всѣхъ дѣленій кольца нужно повторить тѣ же дѣйствія, начиная отъ разныхъ дѣленій кольца.

§ 79. Съемка астролябіей. Обходъ окружной межи участка. Абрисъ и журналъ. Въ настоящее время астролябія съ діоптрами, въ видѣ гониометра, можетъ примѣняться лишь для съемки небольшихъ участковъ въ нѣсколько десятинъ; для большихъ же площадей примѣняются удобнѣе и болѣе точные инструменты съ трубами (см. дальше), при которыхъ гониометръ служитъ лишь для съемки подробностей. (Впрочемъ иногда гониометръ употребляютъ, какъ легкій приборъ, для приблизительной съемки и большихъ площадей, напр. „бассейновъ“ долинъ во время постройки желѣзной дороги,—чтобы опредѣлить площадь земли, съ которой вода стекаетъ къ проектируемому на линіи дороги мостику или трубѣ для пропуска воды).

Съемка участковъ астролябіей (гониометромъ) начинается съ обхода окружной межи, а затѣмъ снимаются подробности внутри его. Разсмотримъ, какъ дѣлается съемка окружной межи.

Если участокъ ограниченъ прямыми линіями, то астролябіей измѣряются углы поворотовъ межи, а лентой длина сторонъ участка. Если же участокъ ограниченъ кривыми линіями, то заключаемъ его въ воображаемый прямолинейный многоугольникъ, стороны котораго идутъ по возможности ближе къ границамъ участка; при этомъ стороны многоугольника могутъ и пересѣкать кривую границу, входить немного внутрь участка, смотря по тому, какъ позволяетъ мѣстность. На чер. 201 показаны границы участка ABCD... и вспомогательный многоугольникъ MNPQ...; многоугольникъ этотъ снимается астролябіей, и стороны его служатъ магистральями для съемки криволинейной границы.

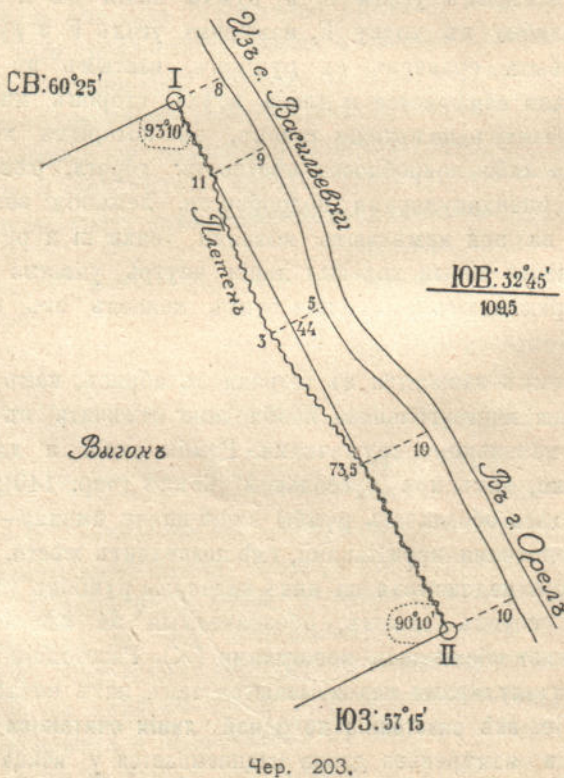
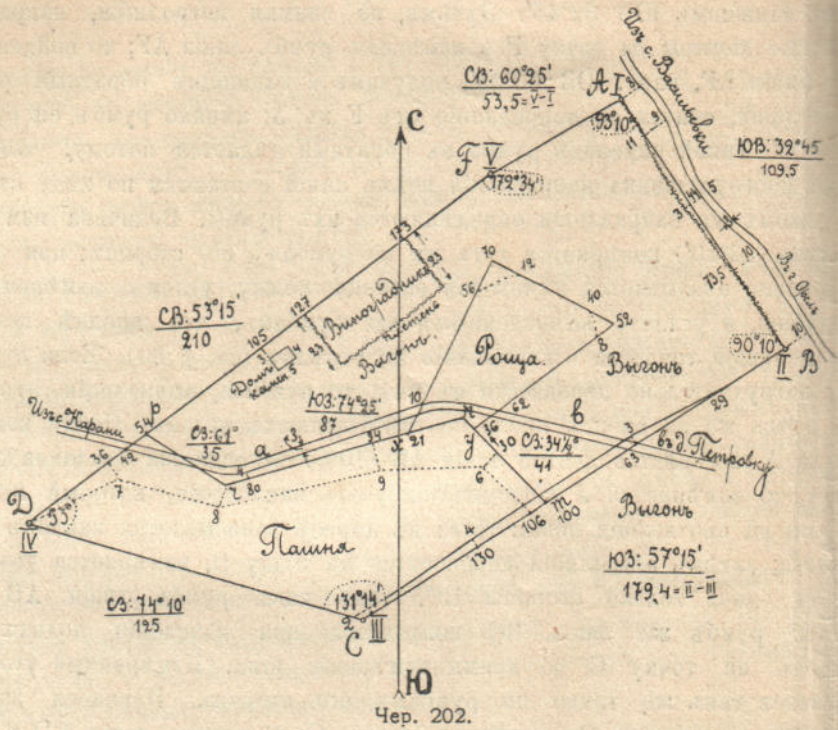


Чер. 201.

Обходъ участка производится по часовой стрѣлкѣ,—снимаемый участокъ лежитъ по правую руку съемщика. Передъ съемкой или во время ея вершины многоугольника намѣчаются кольями съ номерами, начиная съ № 1. Начальной точкой обхода, напр. точка А (чер. 202) называется починнымъ пунктомъ. Установивъ въ ней астролябію горизонтально и надъ вершиною угла въ отвѣсу, отпускаемъ стрѣлку буссоли, направляемъ неподвижные діоптры назадъ на вѣху въ точкѣ F, а подвижные впередъ на вѣху въ точкѣ G, отсчитываемъ и записываемъ въ абрисѣ величину угла, напр. $93^\circ 10'$; въ то же время запишемъ румбъ линіи АВ, такъ какъ подвижные діоптры астролябіи, служащіе въ то же время діоптрами буссоли, наведены на точку

напр. запишемъ ЮВ: $32^{\circ}45'$. Затѣмъ, не снимая астролябіи, направимъ подвижные діоптры на точку F и измѣримъ румбъ линіи AF; по найденному румбу линіи AF, напр. ЮЗ: $60^{\circ}25'$, получимъ и запишемъ обратный румбъ той же линіи, считая ея направленіе отъ F къ A; именно румбъ ея будетъ СВ: $60^{\circ}25'$. Такой переводъ румба въ обратный дѣлается потому, что при съемкѣ многоугольника направленія всѣхъ линій считаются по ходу съемки, а въ такомъ же направленіи опредѣляются ихъ румбы. Величина измѣреннаго угла ($93^{\circ}10'$) повѣряется тутъ же по румбамъ его сторонъ; при этомъ неизменно оказывается нѣкоторая разниця между угломъ, измѣреннымъ астролябіей, и угломъ, вычисленнымъ по румбамъ, что вполнѣ понятно между меньшей точности отсчитыванія по стрѣлкѣ (см. § 80). Если эту поправку затруднительно произвести въ умѣ, то нужные вычисленія производятся здѣсь же на арбисѣ около соотвѣтственныхъ угловъ. Послѣ измѣренія угла A измѣряется лентой линія АВ (109,5 с.); если она наклонна къ горизонту, то измѣряется и записывается уголъ наклоненія, который можетъ быть снятъ на протяженіи линіи: тогда въ абрисѣ записывается наклонъ каждой части; затѣмъ астролябія переносится въ точку B, измѣряется уголъ B и румбъ одной только стороны BC, такъ какъ румбъ линіи АВ уже снятъ; румбъ же линіи BC получается при наведеніи подвижныхъ діоптровъ на точку C во время измѣренія угла. Измѣренный уголъ B повѣряется такъ же точно по румбамъ его сторонъ. Перенеся затѣмъ астролябію въ точку C, измѣримъ уголъ C и румбъ линіи CD и т. д. Наконецъ, перенеся астролябію въ точку F, измѣримъ уголъ F и румбъ линіи FA, который можетъ быть сравненъ съ румбомъ, взятымъ въ началѣ съемки. Послѣдовательно измѣряется и длина всѣхъ сторонъ многоугольника; при этомъ опредѣляютъ положеніе точекъ, въ которыхъ ходовая линія пересѣкаетъ какія либо подробности мѣстности: дороги, рѣки и т. п., а также снимаютъ перпендикулярами подробности, лежащія вблизи ходовой линіи; кромѣ того на ней намѣчаютъ кольями точки m и p, отъ которыхъ предполагается вести новыя ходовыя линіи внутрь участка для съемки подробностей, и опредѣляютъ разстояніе этихъ колеьевъ отъ вершинъ многоугольника.

Всѣ измѣренія при съемкѣ заносятся въ тетради въ абрисъ, какъ показано на чер. 202. Вершины многоугольника необходимо отмѣчать въ абрисѣ номерами и обводить маленькими кружечками. Румбы линій и длина ихъ надписываются такъ же, какъ при буссольной съемкѣ (чер. 140); но такъ же какъ тамъ, такъ и здѣсь обозначать румбы линій иначе, именно—перпендикулярная линія на абрисѣ короткими меридіанами, гдѣ позволяетъ мѣсто, подобно линіи ns на чер. 111, и надписывая на нихъ величины румбовъ (безъ названій). Мѣста окончанія сотенъ саженъ, обозначаемыя на мѣстности цифрами, въ абрисѣ полезно обозначать крестиками (X). Разстоянія при съемкѣ подробностей перпендикулярами надписываются такъ, какъ показано на примѣрномъ чертежѣ, т. е. всѣ разстоянія по одной линіи считаются отъ какой нибудь точки этой линіи, и измѣренная длина надписывается у конца ея.



Далѣ—сказанное на стр. 57 о веденіи абриса относится и сюда. Если абрисъ участка разбивается на несколько страницъ в писной книжки, то на одной страницѣ можетъ быть помѣщенъ напримѣръ, только одна сторона многоугольника съ 2-мя углами и прилегающими въ робностями (чер. 200). Разсмотримъ занесенъ въ абрисъ подробности внутри участка (внутренней ситуации). На чер. 202 линия магистраль для съема

ороги ab и границы пашни; здѣсь видимъ надписанные румбы и длины отдельных частей магистрали, напр. СЗ:34½°— длина 41 с. Отъ точекъ x и y этой магистрали проведены новыя магистрали для съемки рощи; направления ихъ могли бы быть опредѣляемы либо румбами, либо углами, образуемыми съ линиями mn и nr (на абрисѣ не показано по его мелкости,—могло бы быть вынесено особо въ увеличенномъ видѣ); углы же эти при точкахъ x и y могли бы быть сняты лентой. У поворотовъ рощи—у цифръ 70 и 52 (указывающихъ длину сторонъ западной и сѣверо-восточной) показана съемка угловъ рощи лентой измѣрениемъ Δ -ковъ.

Кромѣ абриса при съемкѣ многоугольника астролябіей ведется иногда еще особый журналъ, имѣющій слѣдующую форму.

Геодезическій журналъ съемки участка, принадлежащаго А. Н. Петрову, 5-го апрѣля 1917 г. Съемщикъ А. С. Ивановъ. Инструментъ—гонометръ, точность нониуса 2'.

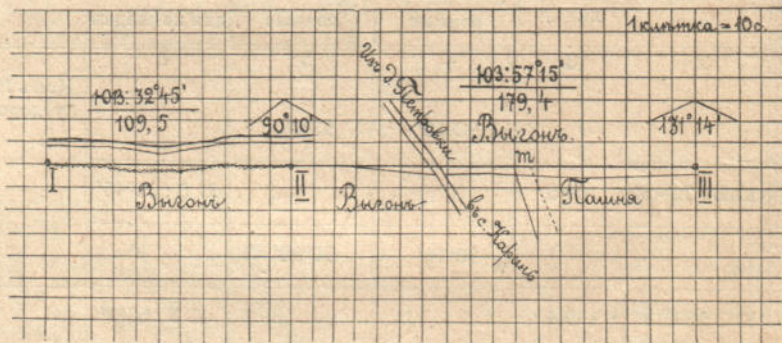
Номера точекъ стоянія инструмента	Румбы линейныхъ измѣренныхъ	Длина линий	Внутренніе углы измѣренные	Внутренніе углы исправленные	Румбы, вычисленные для накладки	Примѣчаніе
1	2	3	4	5	6	
I			93°10'	93°08'		Коль № 1-й у дороги.
	Ю В : 32°45'	109,5			Ю В : 32°45'	
II			90°10'	90°08'		
	Ю З : 57°15'	179,4			Ю З : 57°07'	
III			131°14'	131°13'		
	С З : 74°10'	125			С З : 74°06'	
IV			53°	52°58'		
	С В : 53°15'	210			С В : 52°56'	
V			172°34'	172°33'		
	С В : 60°25'	53,5			С В : 60°23'	
Сумма угловъ=			540°08'	540°		

Въ первой вертикальной графѣ пишутъ номера точекъ стоянія прибора во второй—измѣренные румбы линий, въ третьей—длину ихъ, въ четвер-

той—углы, измеренные астролябией; назначение 5-й и 6-й графы объяснено ниже. При этом румбы линий и длина их пишутся не против номеров точек, а между ними; так напр. 109,5 означает длину линии между I и II точкой. Величина же углов пишется на одной горизонтальной черте с номерами точек. В журнал в особой вертикальной графе или в свободном месте помещают здесь же иногда и углы наклона линий к горизонту.

Необходимо заметить, что нет надобности в ведении в полъ журнала, раз мы на абрисе надпишем то, что стоит в первых четырех графах журнала. Журнал может пригодиться лишь при накладке сводного многоугольника на план, так как в нем измерения сгруппированы вместе в последовательном порядке; тогда для накладки журнал составляется дома по абрису.

В практикѣ встречается и другой способ ведения абриса, отличающийся от показаннаго на чер. 202 и 203. Именно—абрисъ ведется на клетчатой бумагѣ (чер. 204), причемъ каждая клетка принимается за нѣсколько шаговъ (10 с., 5 с., или меньше, смотря по количеству подробностей местности). Всѣ стороны многоугольника обхода чертятся параллельно одному из



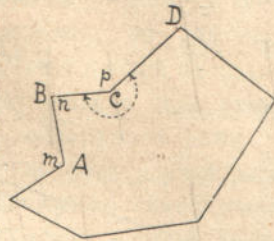
Чер. 204.

краевъ (нижнему) тетради, т. е. вытягиваются в одну линию, на которой в точках, соответствующих углам поворотов, надписывается величина угловъ и указывается направление поворота знакомъ угла. При съемкѣ подробностей вблизи ходовой линии на такомъ абрисѣ не записываютъ расстояній, опредѣляющихъ положеніе подробностей, а прямо по клеткамъ вычерчиваютъ контуры в масштабѣ. Этотъ способъ ведения абриса особенно примѣняется при съемкѣ полосы вдоль проектируемой желѣзной дороги.

§ 80. Правила для повѣрки угловъ румбами. При измереніи угловъ астролябией мы отсчитываемъ на лимбѣ такъ называемые внутренніе углы многоугольника; углы эти лежатъ по правую руку отъ нашего хода и могутъ быть или меньше 180° или больше, наприм. уголъ C (чер. 205). Если астролябией снимаютъ не замкнутый многоугольникъ, а лишь опредѣляютъ углы поворотовъ нѣкоторой ходовой ломанной линіи ABCD... (чер. 206) служащей, напр., магистралью для съемки подробностей, то и въ этомъ слу-

чаѣ мы астролябіей измѣряемъ всѣ правые углы, обведенные на чертежѣ дугами.

Но кромѣ внутреннихъ угловъ нужно различать еще такъ наз. астролябическіе углы; подъ этимъ названіемъ повимають углы меньшіе 180-ти градусовъ, получающіеся при всѣхъ поворотахъ ходовой линіи, причеиъ углы эти будутъ лежать иногда съ правой стороны по направленію съемочнаго хода, иногда съ лѣвой стороны его. Напр., на чер. 205 астролябическіе углы будутъ m, n, p, \dots ; изъ нихъ уголь n совпадаетъ съ внутреннимъ угломъ многоугольника, углы же m и p составляютъ дополненія внутреннихъ угловъ до 360° .



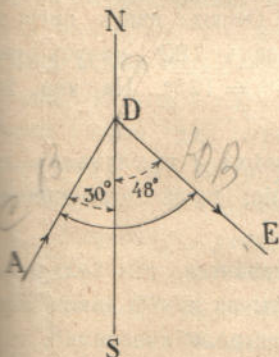
Чер. 205.



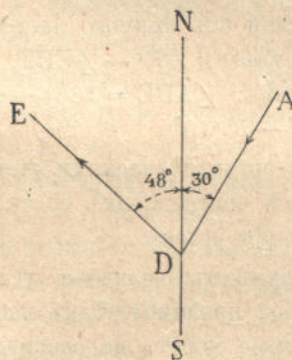
Чер. 206.

Правила повѣрки угловъ румбами выводятся не для внутреннихъ угловъ, а для астролябическихъ, и объ этомъ нужно всегда помнить при съемкѣ во избѣжаніе задержекъ въ работѣ, а также нужно помнить, что всѣ названія румбовъ линій считаются по ходу, а не отъ вершины угла. Для вывода этихъ правилъ рассмотримъ всѣ возможные случаи положенія двухъ сторонъ угла относительно странъ свѣта. Здѣсь возможны 4 случая.

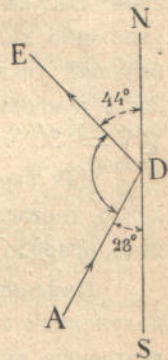
1. Меридіанъ NS лежитъ между сторонами угла, какъ показано на чер. 207 и 208; напр., румбы сторонъ угла по ходу слѣдующіе: $CB: 30^\circ$ и $ЮВ: 48^\circ$, или же $ЮЗ: 30^\circ$ и $СЗ: 48^\circ$; тогда астролябическій уголь ADE равенъ суммѣ



Чер. 207.



Чер. 208.

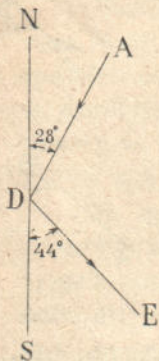


Чер. 209.

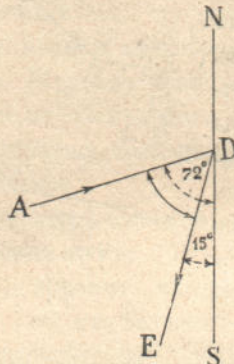
румбовъ, т. е. 78° . (Въ разсматриваемомъ случаѣ вторыя буквы въ названіи румбовъ одинаковы). По этому правилу повѣряются углы I и III на чер. 202; именно $\angle I = 60^\circ 25' + 32^\circ 45'$, $\angle III = 74^\circ 10' + 57^\circ 15'$.

2) Меридіанъ NS лежитъ внѣ угла и стороны угла расположены, какъ показано на чер. 209 и 210; напр. румбы сторонъ угла слѣдующіе: $CB: 28^\circ$

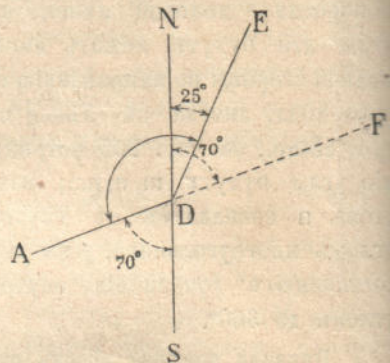
и СЗ:44°, или же ЮЗ:28° и ЮВ:44°. Тогда астролябическій угол $\angle ADE = 180^\circ - (28^\circ + 44^\circ)$, т. е. 180° минусъ сумма румбовъ; получимъ $180^\circ - 72^\circ = 108^\circ$. (Здѣсь первыя буквы въ названіяхъ румбовъ одинаковы). По этому правилу повѣряются углы II и IV на чер. 202; именно $\angle II = 180^\circ - (32^\circ 45' + 57^\circ 15')$, $\angle IV = 180^\circ - (74^\circ 10' + 53^\circ 15')$.



Чер. 210.



Чер. 211.



Чер. 212.

3. Румбы линий (по ходу) противоположны, напр. СВ:72° и ЮЗ:15° (чер. 211). Здѣсь астролябическій уголъ ADE равенъ разности угловъ ADS и EDS, т. е. равенъ разности румбовъ; получимъ $\angle ADE = 72^\circ - 15^\circ = 57^\circ$.

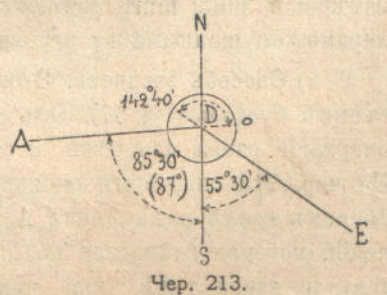
4. Румбы по названію одинаковы, напр. СВ:70° и СВ:25° (чер. 212). Если въ этомъ случаѣ продолжимъ линію AD, то уголъ NDF будетъ равенъ по величинѣ румбу линіи AD, т. е. 70°; уголъ же NDE есть румбъ линіи DE; затѣмъ уголъ EDF есть разность румбовъ (онъ показываетъ уклоненіе ходовой линіи отъ прямого направленія). Отсюда нашъ астролябическій уголъ ADE равенъ $180^\circ - \angle EDF$, т. е. равенъ 180° минусъ разность румбовъ; получимъ: $\angle ADE = 180^\circ - (70^\circ - 25^\circ) = 135^\circ$. На чер. 202 $\angle V = 180^\circ - (60^\circ 25' - 53^\circ 15')$.

Для вычисленія астролябическихъ угловъ во всѣхъ 4-хъ случаяхъ полезно держать въ умѣ чертежи, имъ соотвѣтствующіе; тогда легко припомнить правило вычисленія угловъ.

Найденная по румбамъ величина угла сравнивается съ величиной, полученной астролябіей по лимбу. Такъ какъ отсчеты на лимбѣ даютъ намъ внутренніе углы, которые могутъ не совпадать съ „астролябическими“, т. е. могутъ быть болѣе 180° , то для повѣрки измѣряемаго угла въ этомъ случаѣ мы должны сперва опредѣлить астролябическій уголъ, взявъ дополненіе внутренняго угла до 360° . Повѣрка угловъ румбами дѣлается во время работы, пока астролябія еще не снята съ вершины угла. Такимъ образомъ можетъ быть замѣчена какая либо грубая ошибка въ измѣреніи угла астролябіей, напр. пропускъ при отсчетѣ на лимбѣ 5-ти или 10-ти градусовъ. Допускаемая разниа между угломъ, полученнымъ на лимбѣ по нониусу, и

угломъ, вычисленнымъ по румбамъ, зависитъ отъ достоинствъ буссоли при астролябін, именно: отъ величины кольца буссоли, заостренности концовъ стрѣлки и близости ихъ къ дѣленіямъ кольца; далѣе—отъ того, какія дѣленія на кольцо: градусы, полуградусы или же 2° въ одномъ дѣленіи,—не говоря о тѣхъ условіяхъ вѣрности, которымъ должна удовлетворять всякая буссоля; если стрѣлка имѣетъ эксцентрицитетъ, то для полученія румба берется отсчетъ по двумъ концамъ ея. При хорошей буссоли съ градуснымъ дѣленіемъ кольца разница въ двухъ результатахъ для угла не превосходитъ обычно $15'$, такъ что можетъ быть обнаруженъ даже пропускъ полуградуса при отсчитываніи по нониусу; во всякомъ случаѣ разница не должна быть болѣе $30'$. Такъ какъ измѣреніе угловъ по лимбу значительно точнѣе, чѣмъ по румбамъ, то убѣдившись, что между этими двумя измѣреніями нѣтъ грубой разницы, мы принимаемъ, конечно, за вѣрную величину угла результатъ, полученный на лимбѣ по нониусу.

Иногда замѣчается непонятная сразу большая разница между угломъ, измѣреннымъ астролябіей, и угломъ, вычисленнымъ по румбамъ,—не смотря на отсутствіе ошибокъ въ отсчетахъ и въ установкѣ прибора. Разница эта можетъ происходить отъ возмущенія магнитной стрѣлки въ вершинѣ новаго угла вслѣдствіе присутствія по близости большого количества желѣза и проч., а также вслѣдствіе суточныхъ колебаній склоненія стрѣлки (если между двумя послѣдовательными установками астролябін пройдетъ достаточно времени); такимъ образомъ румбъ одной стороны угла, напр. стороны AD угла ADE (чер. 207—212) измѣренъ изъ точки A при одномъ направленіи магнитнаго меридіана (стрѣлки), а румбъ стороны DE измѣняется изъ точки D при иномъ уже направленіи меридіана. Въ этомъ случаѣ нужно провѣрить румбъ линіи AD изъ точки D, наведя діоптры буссоли (подвижныя) назадъ на точку A. Если полученный румбъ будетъ отличаться отъ румба той же линіи, опредѣленнаго изъ точки A, то это будетъ служить подтвержденіемъ нашего предположенія объ измѣненіи направленія стрѣлки. Въ этомъ случаѣ для повѣрки угла по румбамъ его сторонъ мы должны взять для румба линіи AD вторую величину его, т. е. опредѣленную изъ той же точки D, изъ которой опредѣляется румбъ линіи DE; при этомъ названіе румба линіи AD остается то же, т. е. по ходу отъ A къ D. Напримѣръ, уголь ADE въ точкѣ D, найденный по лимбу (чер. 213) равенъ $142^\circ 40'$; румбъ линіи AD, отсчитанный изъ точки A, есть СВ: $85^\circ 30'$; румбъ линіи DE, отсчитанный изъ точки D, есть ЮВ: $55^\circ 30'$; вычисленіе угла по румбамъ даетъ 141° . Разница отъ предыдущаго немножкомъ велика. Взявъ же румбъ линіи AD изъ точки D, получимъ, напр., ЮЗ: 87° . Слѣдовательно, для повѣрки угла D мы должны взять слѣдующіе румбы его сторонъ по ходу: СВ: 87° и ЮВ: $55^\circ 30'$; тогда по румбамъ получимъ уголь $142^\circ 30'$,



что близко къ углу, полученному астролябией. Если замѣчается указанная разница въ румбахъ одной и той же линіи (съ двухъ концовъ ея), то следуетъ записать оба значенія румба, сохранивъ названіе румба одно—по ходу.

Углы поворота при съемкѣ могутъ быть повѣряемы также по измѣреннымъ азимутамъ сторонъ его. Правило вычисленія угла по азимутамъ указано въ § 56, причемъ направленія сторонъ угла правой и лѣвой считались отъ вершины угла. Какъ видимъ, это правило очень простое.

Если же будемъ брать азимуты сторонъ по ходу, то для получения угла поворота (праваго—по ходу) нужно азимутъ 1-ой стороны (правой) перевести на обратный, прибавляя 180° , и затѣмъ вычесть азимутъ 2-ой стороны (лѣвой). Справедливость этого правила легко повѣряется на примерахъ. Если бы въ результатъ уголь поворота получился больше 360° -ти, то нужно отбросить изъ него 360° .

Задачи: 1. Румбы двухъ послѣдовательныхъ линій по ходу слѣдующіе: 1) СВ: $17^\circ 45'$ и ЮВ: $65^\circ 20'$; 2) ЮВ: $84^\circ 15'$ и ЮВ: $8^\circ 10'$; 3) СЗ: $45^\circ 10'$ и СВ: $25^\circ 20'$; 4) ЮЗ: $2^\circ 30'$ и СВ: $80^\circ 40'$; 5) Сѣверъ и ЮЗ: $60\frac{1}{2}^\circ$; 6) Востокъ и СЗ: $5^\circ 15'$. Определить астролябическіе углы.

2. Азимуты правой и лѣвой стороны угла поворота, считая отъ вершины его, слѣдующіе: 1) 150° и 30° ; 2) 240° и 100° ; 3) 325° и 70° ; 4) 45° и 115° ; 5) 80° и 210° ; 6) 165° и 340° . Найти величину угловъ поворотовъ.

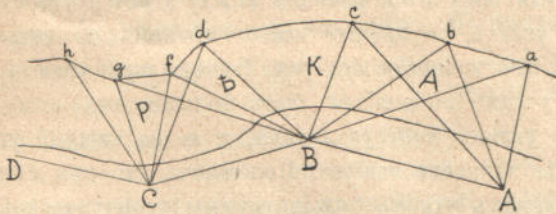
3. Азимуты двухъ послѣдовательныхъ сторонъ угла по ходу слѣдующіе: 1) 20° и 140° ; 2) 85° и 200° ; 3) 120° и 315° ; 4) 280° и 105° ; 5) 155° и 70° ; 6) 260° и 170° ; 7) 300° и 45° . Найти величину угловъ поворотовъ съ правой стороны по ходу.

§ 81. Способы съемки подробностей внутри участка.

1) Способъ промѣровъ или обхода состоитъ въ проведеніи и съемкѣ на мѣстности нѣкоторыхъ ходовыхъ линій, которыя проводятся вблизи контуровъ мѣстности и служатъ для съемки этихъ контуровъ. На чер. 202 ломанная тпгр есть подобная ходовая линія. Она начинается и кончается въ опредѣленныхъ точкахъ окружной межи. Линія эта снимается буссолью или астролябией обходомъ подобно съемкѣ окружной межи; при этомъ кромѣ угловъ поворотовъ линіи измѣряются и „примычные“ углы при точкахъ m и p, образуемые новой ходовой линіей съ окружной межей участка. При измѣреніи линіи тпгр снимаются и близь лежація подробности перпендикулярами, опущенными на эту линію.

2) Способъ засѣчекъ. Этотъ способъ похожъ на способъ засѣчекъ при съемкѣ буссолью (§ 57). Онъ удобенъ, напр., при съемкѣ недоступныхъ очертаній озера или рѣки и особенно—овраговъ на открытой мѣстности. На чер. 214 способомъ засѣчекъ снятъ дальній берегъ рѣки. Для этого выбираемъ возлѣ рѣки точки А, В, С . . . ; онѣ дадутъ положеніе ходовой линіи, которая снимается по обыкновенію, т. е. измѣряются углы поворотовъ и длина линій, при чемъ углы повѣряются, какъ выше. Затѣмъ

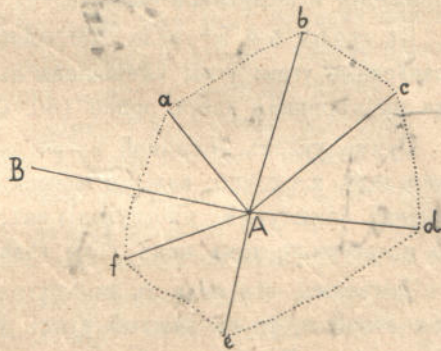
снимаются засѣчками и точки на противоположномъ берегу рѣки. Для этого устанавливаемъ астролябію сперва въ точкѣ А и измѣряемъ углы между ли-



Чер. 214.

ней АВ и линиями Аа, Аb, Ас . . . , идущими къ точкамъ берега. Перенеся астролябію въ точку В, измѣряемъ кромѣ угла АВС еще углы между линіей ВА и линиями Ва, Вb, Вс, Вd . . . , идущими отчасти къ предыдущимъ точкамъ берега (а, b, с), отчасти къ новымъ (d, f, g). Затѣмъ перенеся астролябію въ точку С, измѣряемъ углы между линіей СВ и линиями Сd, Сf, Сg и т. д. Для построения точекъ а, b, с . . . на планѣ наносимъ сперва точки А, В, С, проводимъ изъ нихъ линіи Аа, Аb . . . , Ва, Вb . . . подъ найденными углами. Пересѣченіе этихъ линій и дастъ намъ положеніе точекъ а, b, с . . . на планѣ.

3) Способъ полярный или изъ одной точки стоянія. Онъ состоитъ въ слѣдующемъ. Астролябія устанавливается въ какой либо извѣстной (т. е. снятой) точкѣ А (полюсѣ) внутри снимаемаго контура напр. внутри двора, внутри поляны въ лѣсу (чер. 215); неподвижные діоптры направляемъ на на какую либо другую извѣстную уже точку В, а подвижные послѣдовательно на всѣ нужныя точки. Такимъ образомъ опредѣлимъ углы между линіей АВ и линіями Аа, Аb . . . Кромѣ того измѣряемъ всѣ разстоянія отъ точки А до точекъ а, b, с . . . Замѣтимъ, что здѣсь, какъ и раньше, измѣряемые углы повѣряются по румбамъ или азимутамъ. Если на абрисѣ не удобно помѣстить надпись всѣхъ угловъ, то можно выписать ихъ рядомъ въ небольшомъ журналѣ, подобномъ журналу, который ведется при обходѣ окружной межи участка. Далѣе—приборъ переносится въ одну изъ снятыхъ точекъ, которая принимается за новый полюсъ и т. д.



Чер. 215.

§ 82. Повѣрка съемки многоугольника. Послѣ обхода всей окружной межи и вообще замкнутаго многоугольника астролябіей нужно немедленно провѣрить сумму полученныхъ внутреннихъ угловъ и посмотрѣть, сог-

ласна ли она съ суммой теоретической, вычисляемой по формулѣ $180^\circ \cdot (n-2)$, гдѣ n —число угловъ многоугольника. Это будетъ первая повѣрка нашей съемки. Если получится разниця между этими двумя суммами, называемая невязкой въ углахъ, то прежде всего смотримъ, допустима ли величина ея. Это зависитъ отъ точности нониуса. Именно принимаютъ, что недопустимая невязка въ углахъ не должна быть больше точности нониуса, помноженной на число угловъ многоугольника, т. е. на каждый уголъ ошибка не должна быть болѣе точности нониуса. Положимъ, что при съемкѣ 5-угольника сумма измѣренныхъ угловъ больше суммы теоретической на $8'$; точность же нониуса напр. $2'$. Раздѣливъ $8'$ на число угловъ, т. е. на 5, найдемъ поправку, на которую мы должны измѣнить (въ нашемъ примѣрѣ—уменьшить) каждый измѣренный уголъ для согласованія ихъ суммы съ суммой теоретической: у насъ поправка эта, равная $\frac{8}{5}'$, меньше точности нониуса, слѣдовательно, она допустима. Замѣтимъ, что при исправленіи внутреннихъ угловъ при съемкѣ астролябіей съ діоптрами не слѣдуетъ вводить долей минутъ; въ нашемъ примѣрѣ нужно два угла уменьшить на $1'$, а три угла по $2'$,—если только нѣтъ долей минутъ въ отсчетахъ; въ противномъ случаѣ необходимо прежде всего уничтожить эти доли путемъ ли отбрасыванія ихъ или увеличенія до $1'$.

Болѣе строгое требованіе, предъявляемое иногда къ невязкѣ въ инструкціяхъ работъ, слѣдующее: невязка въ углахъ (на всѣ углы) не должна превосходить $i' \cdot \sqrt{2n}$, гдѣ i' —точность нониуса, а n —число угловъ многоугольника. Напр., если $i=2'$, а $n=5$, то допустимая невязка не больше $2' \cdot \sqrt{2 \cdot 5} = 2' \cdot \sqrt{10} = 6'$. Формула эта выволится математически на основаніи соображеній о возможной ошибкѣ.

Въ графѣ 5-й журнала астролябической съемки (§ 79) мы имѣемъ исправленные углы: углы уменьшены въ общемъ на $8'$, послѣ чего сумма ихъ вновь провѣренная дастъ ровно $180 \cdot (5-2) = 540^\circ$.

Сумма угловъ ломанной магистрали для съемки подробностей повѣряется такъ же точно: каждая магистраль вмѣстѣ съ частью окружной межи образуетъ замкнутый многоугольникъ, но поправка разлагается только на углы магистрали, такъ какъ углы главной межи уже поправлены.

Замѣтимъ, что если въ многоугольникѣ нѣкоторые углы имѣютъ короткія стороны, то на каждый уголъ допускается поправка и болѣе точности нониуса. Тогда поправка преимущественно разлагается на углы съ короткими сторонами.

Вторая повѣрка съемки многоугольника случится уже при накладкѣ его на планъ, какъ объ этомъ изложено ниже (§ 84).

§ 83. Точность работы разсмотрѣнными приборами: эккерами, буссолю, гониометромъ.

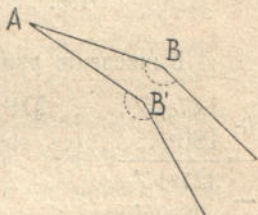
1) Проведеніе на мѣстности перпендикуляровъ эккерами можетъ дать ошибку въ углѣ около $5'$. Перпендикуляръ длиною 25 с. можетъ отклониться своей вершиной отъ правильнаго направленія на величину около 0,1 саж.

2) Визирование въ діоптры буссоли можетъ дать ошибку около $1'—2'$. Въ отсчетѣ же по стрѣлкѣ можетъ быть ошибка около $\frac{1}{4}^\circ$.

3) Визирование въ діоптры астролябіи можетъ быть ошибочно на $1'—2'$.

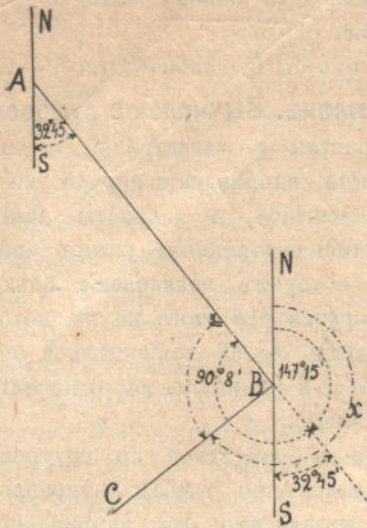
§ 84. Накладка окружной межи на планъ. Вычисленіе румбовъ для накладки. Накладку окружной межи участка и магистралей можно было бы дѣлать по внутреннимъ угламъ; тогда направленіе первой линіи откладывается по ея румбу, длина линій по масштабу, а повороты линій дѣлаются съ помощью транспортира на основаніи внутреннихъ угловъ многоугольника. Но удобнѣе другой приемъ, въ которомъ направленіе всѣхъ линій откладывается по румбамъ ихъ; румбы берутся для этого не тѣ, которые записаны въ полѣ, такъ какъ они отличаются малою точностью, а берутся румбы, вычисленные на основаніи румба 1-й линіи и на основаніи исправленныхъ угловъ поворотовъ линій (См. ниже).

Преимущество накладки по румбамъ передъ накладкой по внутреннимъ угламъ состоитъ въ томъ, что при накладкѣ по румбамъ направленіе каждой стороны многоугольника строится независимо отъ направленія предыдущихъ сторонъ, а слѣдовательно, ошибки, могущія быть на чертежѣ въ направленіи предыдущихъ сторонъ, не вліяютъ на направленіе дальнѣйшей стороны. При накладкѣ же по внутреннимъ угламъ, — если направленіе какой либо одной стороны будетъ начерчено не вѣрно или не точно, напр., вмѣсто АВ (чер. 216) будетъ взято АВ', то измѣнится и направленіе дальнѣйшихъ сторонъ, такъ какъ $\angle B = \angle B'$.



Чер. 216.

Разсмотримъ подробно накладку многоугольника (журналъ въ § 79) по румбамъ сторонъ. Для этого прежде всего выведемъ правило для вычисленія нужныхъ намъ румбовъ по внутреннимъ угламъ многоугольника и румбу 1-й стороны. Вычислимъ сперва азимуты, которые затѣмъ легко перевести въ румбы. Найдемъ сперва азимутъ 1-й стороны АВ (чер. 217) по ея румбу ЮВ: $32^\circ 45'$; азимутъ этотъ (считаемый отъ сѣвера къ востоку) $= 147^\circ 15'$. Уголь поворота въ точкѣ В $= 90^\circ 08'$ (исправленный); изъ чертежа видно, что искомый азимутъ x второй стороны ВС, т. е. выпуклый уголь $\angle NBC$ будетъ равенъ $147^\circ 15' + 180^\circ - 90^\circ 08' = 237^\circ 7'$, а слѣдовательно румбъ ея — ЮЗ: $57^\circ 7'$. Такимъ образомъ азимутъ послѣдующей стороны равенъ азимуту стороны предыдущей + (плюсъ) 180° и — (минусъ) внутренней уголь (считаемый съ правой стороны по ходу). Это правило справедливо для всѣхъ положеній сторонъ; не трудно его провѣрить подобно предыдущему на чертежѣ и для дальнѣйшихъ линій нашего журнала съемки. Чтобы найти азимутъ третьей стороны, прибавимъ 180° къ $237^\circ 7'$, а затѣмъ вычтемъ уголь $131^\circ 13'$ и т. д. Получимъ такимъ образомъ азимуты, а слѣдовательно и румбы всѣхъ линій. Для удобства нужно вычисленія располагать въ порядкѣ, какъ указано ниже. Найденные этимъ способомъ румбы и помѣшены въ графѣ 6-ой журнала (§ 79). Если при вычисленіи получится азимутъ больше 360° , то слѣдуетъ изъ полученнаго числа откинуть цѣлую окружность, т. е. 360° .



Чер. 217.

Вычисление румбовъ.

+ 147°15'	ЮВ: 32°45'
+ 180°	(съ точ. I на II)

327°15'	
- 90°08'	

237°07'	ЮЗ: 57°07'
+ 180°	(II—III)

417°07'	
- 131°13'	

285°54'	СЗ: 74°06'
+ 180°	(III—IV)

465°54'	
- 52°58'	

412°56'	СВ: 52°56'
+ 180°	(IV—V)

592°56'	
- 172°33'	

420°23'	СВ: 60°23'
+ 180°	(V—I)

600°23'	
- 93°08'	

507°15'	
- 360°	

147°15'	ЮВ: 32°45'
	(I—II)

Въ концѣ приведенныхъ вычисленій мы получили вторично азимуть линіи (I—II), именно 507°15'; такъ какъ онъ шелъ за 360°, то вычтя 360°, получимъ азимуть 147°15' или румбъ ЮВ: 32°45', мы вернулись къ первоначальному румбу. Такъ всегда будетъ получаться, если румбъ и ренніе углы исправлены и сумма ихъ равна суммѣ теоретической, и если не случится никакой ошибки въ приведенныхъ здѣсь вычисленіяхъ; если же въ концѣ вычисленій получится румбъ линіи АВ, отличающійся отъ первоначальнаго, то это служитъ доказательствомъ существованія ошибки въ вычисленіяхъ.

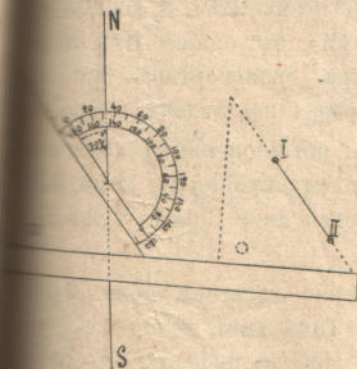
Если первая линія окружной мѣрилки короткая, либо румбъ ея не надеженъ въслѣдствіе присутствія вблизи какихъ либо массъ желѣза, то за исходный румбъ при выше приведенныхъ вычисленіяхъ нужно взять румбъ длинной стороны и перевести тотъ румбъ, который съ обоихъ концовъ линіи одинаковъ по величинѣ. Напримеръ, если надежнымъ оказался румбъ линіи (IV—V), т. е. СВ: 53°15', то переводимъ его въ азимуть, получимъ тоже 53°15', затѣмъ прибавимъ 180° и вычтемъ уголъ поворота 172°33' и т. д.,—причемъ мы должны вернуться кругомъ къ исходному румбу СВ: 53°15'.

Въ случаѣ если планъ нужно составить не по магнитнымъ румбамъ, а по истиннымъ, то всѣ найденные румбы нужно измѣнить на величину склоненія стрѣлки.

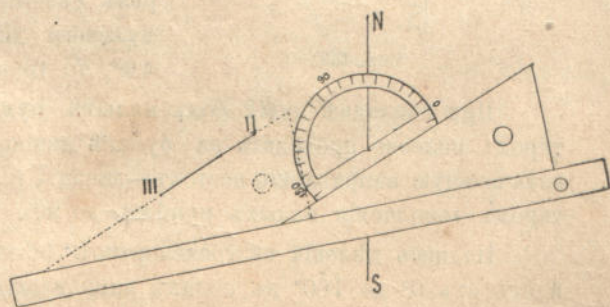
Замѣтимъ, что ошибки могутъ вкрадываться еще въ перечисленіе получаемыхъ азимутовъ въ румбы; поэтому, чтобы окончательно быть увѣреннымъ въ отсутствіи ошибокъ, нужно по найденнымъ румбамъ вычислить углы поворотовъ: они должны получаться точно безъ малѣйшей разницы.

Когда румбы найдены, то накладыва многоугольника обхода на бумагу дѣла-

иследиюющимъ образомъ. Проводимъ по срединѣ листа бумаги свер-
 инъ тонкую, но отчетливую черту твердымъ хорошо очиненнымъ ка-
 перомъ. Эта черта будетъ служить меридіаномъ на планѣ; сверху над-
 азъ С (т. е. сѣверъ), внизу Ю (югъ). Затѣмъ выбираемъ положеніе
 т. е. I на бумагѣ такъ, чтобы вся окружная межа удобно расположилась;
 румбъ, если намъ извѣстно, что точка I представляетъ сѣверо-восточный
 вную снимаемаго участка, то беремъ ея положеніе ближе къ правому
 равнени углу бумаги. Точку намѣчаемъ не карандашемъ, такъ какъ онъ
 дѣлается легко стереться, а слабымъ уколомъ острой ножки циркуля и за-
 ченіемъ обведемъ мѣсто укола маленькимъ кружочкомъ карандашемъ, чтобы
 іе легче его найти; при точкѣ ставимъ номеръ ея, т. е. цифру I. Транс-
 дійсиръ кладемъ на меридіанъ въ такомъ положеніи, чтобы дуга съ дѣ-
 ока-ли была обращена къ верхнему концу меридіана и діаметръ транс-
 в-ра былъ бы приблизительно параллеленъ направленію нашей линіи
 (П). Затѣмъ устанавливаемъ транспортиръ такъ, чтобы на меридіанѣ
 ежидіе пришелся центръ транспортира и дѣленіе $32^{\circ}45'$. Тогда діаметръ
 ы транспортира, а слѣдовательно и параллельный ему прямой край займутъ
 л-навленіе точно подъ румбомъ ЮВ: $32^{\circ}45'$ (чер. 218). Остается черезъ
 б-ю точку I провести линію, параллельную прямому краю транспортира.
 г-н этого къ краю транспортира прикладываемъ угольникъ и къ угольнику
 о-ежку. Огнявъ затѣмъ транспортиръ и держа линейку неподвижно, пере-
 ылемъ угольникъ по линейкѣ къ точкѣ I, пока край его, прикасавшійся
 ы транспортира, не подойдетъ плотно къ уколу, сдѣланному для точки I;
 ы по краю угольника проводимъ отъ точки I черту, дающую направле-
 ы линіи отъ точки I на II подъ румбомъ ЮВ: $32^{\circ}45'$; откладываемъ длину
 ы циркулемъ (съ обѣими острыми ножками), пользуясь сложнымъ мас-
 ыбромъ. Найдемъ такимъ образомъ точку II, которую намѣтимъ уколомъ
 ы циркуля, кружочкомъ карандашемъ и цифрой II. Потомъ опять кла-
 ы транспортиръ на меридіанъ для полученія направленія 2-ой стороны,
 ы которой ЮЗ: $57^{\circ}07'$, и устанавливаемъ транспортиръ, какъ показано
 ы чер. 219; на меридіанѣ лежитъ центръ транспортира и дѣленіе $57^{\circ}07'$;
 ы транспортиру прикладываемъ угольникъ; затѣмъ передвигаемъ угольникъ



Чер. 218.



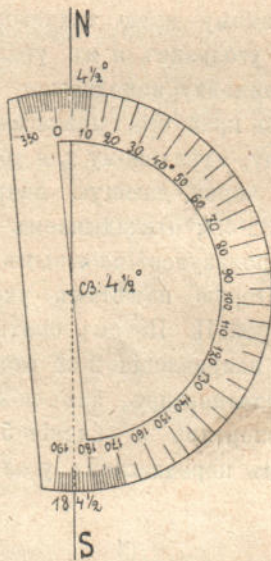
Чер. 219.

по линейкѣ до точки II и прочерчиваемъ направленіе линіи II— пока не отложимъ всѣхъ сторонъ многоугольника.

Транспортиръ для накладкі линій въ землемѣрныхъ планахъ имѣтъ діаметръ отъ 5 до 6 дм. и дѣленія до полуградуса или четвертаго градуса. (Условія, которымъ долженъ удовлетворять вѣрный транспортиръ, изложены въ главѣ о черченіи плановъ). Дуги, меньшія полу или четверти градуса, берутся въ транспортирѣ на глазъ. При употребленіи транспортировъ съ дѣленіями до $\frac{1}{4}^\circ$ приходится, вслѣдствіе малости дѣленій, пользоваться лупой, что конечно представляетъ нѣкоторое неудобство въ этихъ транспортирахъ. (Иногда при транспортирахъ употребляются линзы).

Сдѣлаемъ еще слѣдующія замѣчанія относительно накладкі транспортиромъ.

1) Угольникъ къ транспортиру и линейку къ угольнику нужно держать такъ прикладывать, чтобы линейка была по возможности параллельна нижнему краю листа бумаги, такъ какъ тогда удобнѣе ее держать подвижно при перемѣщеніи по ней угольника.



Чер. 220.

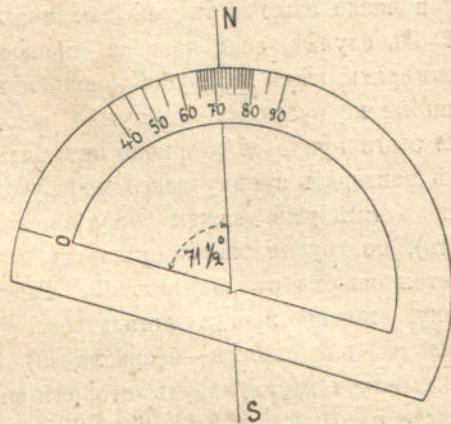
2) Если дуга транспорта близка къ полуокружности, то этимъ излишкомъ можно пользоваться для болѣе точнаго откладыванія линій при малыхъ румбахъ. Напримѣръ, нужно отложить линію подъ угломъ ЮВ: $4\frac{1}{2}^\circ$; такъ какъ въ этомъ случаѣ направленіе діаметра транспорта близко къ направленію меридіана, то центръ транспорта, лежащій на діаметрѣ, трудно установить точно на меридіанѣ. А если мы посмотримъ, показываетъ ли меридіанъ на южной дуге (отъ 0, и 180°) на обеихъ сторонахъ транспорта; напримѣръ, если сѣверный конецъ меридіана проходитъ черезъ дѣленіе $4\frac{1}{2}^\circ$ (чер. 220), а южный конецъ — черезъ дѣленіе $184\frac{1}{2}^\circ$, отстоящее отъ южного конца діаметра транспорта тоже на $4\frac{1}{2}^\circ$, то транспортиръ поставленъ вѣрно.

При накладкѣ линій подъ малыми румбами обыкновеннымъ транспортиромъ полезно проводить на бумагѣ линію, перпендикулярную меридіану, означающую направленіе востокъ—западъ, и по этой линіи брать транспортъ для дополненія малыхъ румбовъ до 90° .

Надпись дѣленій на транспортирѣ обыкновенно дѣлается черезъ 10° и идетъ отъ 0° до 180° въ обоихъ направленіяхъ. Такъ какъ величина румбовъ не превышаетъ 90° , то мы будемъ имѣть дѣло съ цифрами отъ 0° до 90°. Нужно избѣгать при установкѣ транспорта на меридіанѣ слѣдующихъ

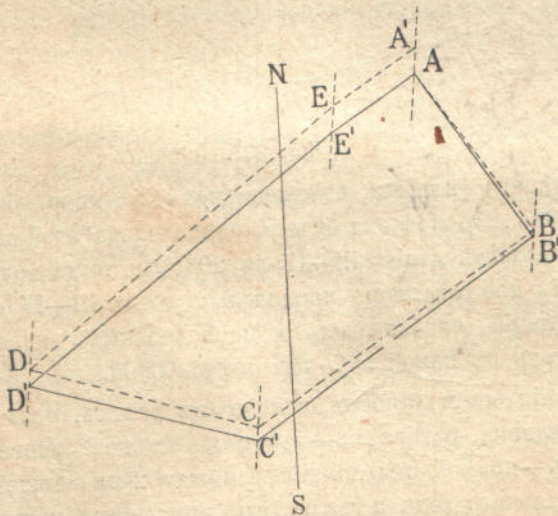
...ки, которая иногда проскальзывает. Положимъ, нужно взять румбъ
 71½°; тогда при установкѣ разыскиваемъ сперва дѣленіе 70°, а затѣмъ
 дѣленіе транспортиръ такъ, чтобы меридіанъ (чер. 221) отходилъ на 1½° отъ
 дѣленія 70; здѣсь—то и можно
 употребить, взявъ 1½° не въ ту
 сторону и поставивъ на меридіа-
 нѣ дѣленіе 68½° вмѣсто 71½°. По-
 этому можно ошибочно по-
 ложить 73° вмѣсто 67°.

§ 85. Невязка при на-
 кладкѣ окружной межи транс-
 портномъ и ея уничтоженіе.
 Понятна подробности. Послѣ
 накладки на планъ всѣхъ сто-
 ронъ снятаго замкнутого много-
 угольника обыкновенно полу-
 чается, что послѣдняя сторона
 (бодъ—I въ нашемъ примѣрѣ) не



Чер. 221.

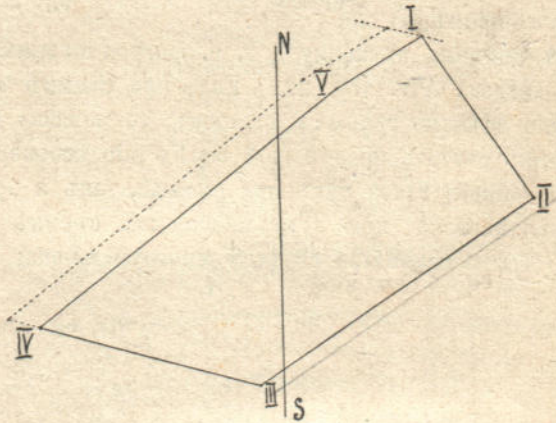
замкнется своимъ концомъ въ точку I, т. е. фигура не замкнется и получитъ
 такую же назыв. невязка A'A (чер. 222). Если при съемкѣ мѣстности и при
 накладкѣ не было сдѣлано грубыхъ ошибокъ, то невязка будетъ незначи-
 тельна, и ее можно считать неизбежной вслѣдствіе несовершенства нашихъ
 инструментовъ и нашего глаза какъ при съемкѣ, такъ и при накладкѣ. По-
 этому допустимая невязка при астролябической съемкѣ не превосходить
 (приблизительно) 1/200 периметра снятаго многоугольника; при тщательной



Чер. 222.

...она бываетъ обыкновенно меньше. Если при накладкѣ получается
 значительная невязка или совсѣмъ ея не получается, то это служить второй

повѣрной съемки. (Первая повѣрка—сумма внутреннихъ угловъ). А накладку снятаго многоугольника необходимо сдѣлать, не уѣзжая тѣльно изъ мѣстности работы, особенно—если приходится уѣхать въ шое разстояніе. Послѣ накладки невязка измѣряется циркулемъ по бу и число сажень въ ней сравниваютъ съ числомъ сажень всего перра. Въ случаѣ, если невязка превосходитъ указанный предѣлъ, то провѣрить, нѣтъ ли грубой ошибки въ накладкѣ на бумагу. Если ошибки не окажется, то нужно искать ошибку въ съемкѣ на мѣстности для этого придется вторично измѣрить нѣкоторыя линіи, а въ крайнемъ случаѣ повторить съемку всего многоугольника. Замѣтимъ, что такъ какъ при съемкѣ уже дважды провѣрялись (по румбамъ и по суммѣ внутреннихъ), то грубая ошибка въ нихъ почти невозможна; чаще же всего чается ошибка въ длинѣ линій. Разсматривая получившуюся большую вязку, можно иногда догадаться, въ которой линіи грубая ошибка накладкѣ или съемкѣ—безразлично). Именно, если невязка приблизительно параллельна какой нибудь сторонѣ многоугольника, то эту сторону прежде всего провѣрить. Чер. 223 показываетъ, что если одна только



Чер. 223.

рона III—IV измѣрена или же отложена невѣрно, напр. больше ея истинной длины на 20 с., то невязка будетъ параллельна этой сторонѣ: дѣйствительно, стоитъ удлинить линію III—IV на 20 с., и тогда точка IV, а за нею и всѣ дальнѣйшія перемѣстятся параллельно линіи III—IV на 20 с. Если насъ нѣсколько линій приблизительно параллельныхъ невязкѣ, то ошибку можно предполагать въ какой либо изъ этихъ линій.

Для отысканія на мѣстности ошибки въ углахъ, если невязка въ углахъ слишкомъ велика, разбиваютъ участокъ на два, проведя такъ называемый диагональный ходъ—прямой или ломанный между 2-мя вершинами. Измѣряютъ углы вдоль диагонального хода, а также углы примычные, можемъ въ каждомъ изъ получившихся двухъ участковъ повѣрить сумму угловъ и такимъ образомъ найдемъ, въ которой половинѣ окружной межи ошибка въ углахъ: это облегчитъ окончательное нахождение невѣрнаго угла.

5) Коллимаціонная плоскость діоптровъ алидады должна быть перпендикулярна къ нижней плоскости алидады. Для повѣрки приведемъ мензурную доску въ горизонтальное положеніе, наводимъ діоптры на шнуръ отвѣса и поступаемъ дальше такъ, какъ при повѣркѣ подобнаго условія въ теодолитѣ и астролябіи (§ 52, повѣрка 6). Здѣсь нужно лишь замѣтить, какъ делается приведеніе доски въ горизонтальное положеніе съ помощью цилиндрическаго уровня. Для этого приведенія ставимъ сперва уровень параллельно линіи, соединяющей два подъемныхъ винта, и приводимъ пузырекъ на средину, дѣйствуя этими винтами. Затѣмъ переставляемъ уровень на третій винтъ—перпендикулярно къ прежнему положенію—и опять приводимъ пузырекъ на средину, дѣйствуя однимъ этимъ винтомъ. Потомъ ставимъ опять уровень въ первое положеніе и т. д., пока въ обоихъ положеніяхъ пузырь не будетъ стоять на срединѣ.

6) Коллимаціонныя плоскости верхнихъ и нижнихъ діоптровъ должны совпадать. Для повѣрки наводимъ діоптры на какую либо отчетливую точку саженьяхъ въ 20 отъ прибора и прочерчиваемъ по скошенному краю алидады линію карандашемъ. Затѣмъ переставляемъ алидаду на то же место другими концами, придвигая край ея къ нашей линіи поточнѣе; если въ этомъ діоптры покроютъ ту же точку, то условіе выполнено, такъ какъ мы посмотримъ по одному и тому же направленію послѣ поворота алидады ровно на 180° . Въмѣсто прочерчиванія линіи карандашемъ можно воткнуть въ доску попарно 2 одинаковой толщины булавки и приставлять къ нимъ алидаду одной и съ другой стороны скошеннымъ краемъ. Если планшетъ алюминій, то стальныя булавки (безъ шляпокъ) удобно вставлять въ бумагу слѣдующимъ образомъ: пропускаютъ булавку предварительно черезъ пробку въ резинку, затѣмъ устанавливаютъ конецъ булавки на бумагу, спускаютъ булавку къ самому низу и ударяютъ по булавокъ: булавка входитъ въ бумагу и стоитъ крѣпко, такъ что пробку можно снять.

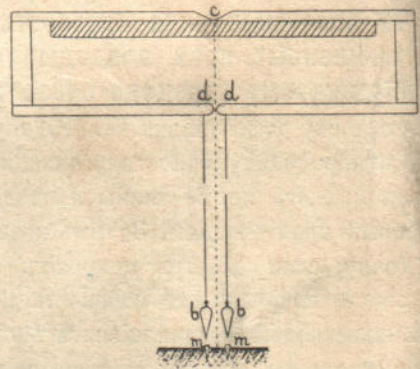
7) Коллимаціонная плоскость діоптровъ должна проходить черезъ скошенный край алидады или по крайней мѣрѣ должна быть параллельна ему (проходя близь него). Для повѣрки втыкаемъ въ мензурную доску двѣ булавки перпендикулярно плоскости доски (пользуясь для проверки перпендикулярности угольникомъ); разстояніе между иголками должно быть немного менѣе длины алидады. Къ иголкамъ приставляемъ плотно скошенный край алидады. Затѣмъ вращая мензурку, наводимъ иголки на какую либо точку; если діоптры покроютъ ту же точку, то условіе 7 выполнено. Если же не покроютъ, то плоскость діоптровъ образуетъ съ краемъ алидады уголъ, называемый коллимаціонной ошибкой алидады. Ошибка эта не повліяетъ на относительное положеніе точекъ на планѣ, а лишь на положеніе всего относительно странъ свѣта; линіи будутъ нѣсколько повернуты на всемъ протяженіи. Величина коллимаціонной ошибки можетъ быть найдена слѣдующимъ образомъ. Если, какъ сказано выше, діоптры не покрыли той точки, которую наведены иголки, то вращаемъ нѣсколько алидаду, пока діоп-

тры не попадутъ на намѣченную точку. Проведемъ затѣмъ черту алидады: тогда уголъ, образованный на доскѣ между этой чертой и идущей черезъ основанія игловокъ, и дастъ графически величину цѣлонной ошибки.

8) Буссоль или ориентиръ-буссоль при мензулѣ должна удовлетворять слѣдующему условію. Прямой край ея, служащій при ориентировкѣ, долженъ быть параллеленъ нулевому діаметру буссоли. Для повѣрки нашіе діоптры алидады на какую либо точку и приставляемъ испытываемую буссоль къ скошенному краю алидады. Затѣмъ оставляя буссоль неподвижной, ставимъ алидаду на нее такъ, чтобъ край алидады шелъ по нулевому діаметру буссоли. Если мы увидимъ въ діоптры прежнюю точку, то условіе выполнено. Въ противномъ случаѣ существуетъ коллимаціонная ошибка буссоли, величина которой можетъ быть опредѣлена слѣдующимъ образомъ. Оставляя алидаду на буссоли въ томъ же положеніи, повернемъ буссоль, пока діоптры не покроютъ нашу точку; тогда край буссоли образуетъ со своимъ прежнимъ положеніемъ уголъ, равный коллимаціонной ошибкѣ буссоли.

Кромѣ того буссоль наша должна удовлетворять другимъ требованіямъ касающимся буссолей вообще.

9) Вилка при мензулѣ должна удовлетворять условію, чтобы при горизонтальномъ положеніи нижняго края планки а (чер. 236, 237) конецъ приходился на одной вертикальной линіи съ точкой d прикрѣпленія отвѣса такъ что, когда отвѣсъ виситъ свободно, линія edb образуетъ одну прямую. Повѣрка производится слѣдующимъ образомъ. Приведемъ доску въ горизонтальное положеніе, приложимъ конецъ с вилки къ какой либо точкѣ d и замѣтимъ на землѣ точку m , указываемую отвѣсомъ. Затѣмъ приставимъ вилку къ той же точкѣ съ другой стороны доски (чер. 243); если въ этомъ отвѣсъ покажетъ на землѣ прежнюю точку, то требуемое условіе выполнено; если же отвѣсъ покажетъ новую точку m' , то вилка не вѣрна и должна быть исправлена. Впрочемъ, особенной точности здѣсь не требуется, такъ же какъ и не требуется, особенной точности при установкѣ мензулы точкой бумаги надъ точкой мѣстности при съемкѣ, и чѣмъ мельче масштабъ съемки, тѣмъ больше можетъ



Чер. 243.

точка мѣстности отстоять отъ вертикали, проходящей черезъ соответствующую точку бумаги. Такъ при масштабѣ 100 с. въ 1" допустимо отклоненіе отъ точки мѣстности примѣрно до 20 дм., при масштабѣхъ 50 с., 25

с. въ 1" допустимы уклоненія соотвѣтственно до 10 дм., до 5 дм., до 2 м. Эти числа показываютъ, что лишь при масштабѣ 10 с. въ 1" и при болѣе крупномъ масштабѣ нужна вилка при установкѣ мензулы надъ точкой; при болѣе же мелкихъ масштабахъ: 100 с., 50 с., и даже 25 с. въ 1" можно установку надъ точкой дѣлать на глазъ.

§ 92. Съемка мензулой. Геометрическая триангуляція. Съемка подробностей. Полный интересъ мензула приобретаетъ для насъ въ дальнейшемъ послѣ прохожденія инструментовъ со зрительными трубами, такъ какъ при мензулѣ для большихъ съемокъ употребляется алидада не съ дикрами, а съ трубой, называемая кипрегелемъ. Особенно важно примѣненіе мензулы для одновременной съемки и нивелировки мѣстности съ примѣненіемъ быстрыхъ опредѣленій разстояній при помощи такъ называемыхъ танномѣровъ, описанныхъ ниже. Здѣсь же въ цѣляхъ педагогическихъ, для предварительнаго ознакомленія съ употребленіемъ мензулы, мы рассмотримъ прежде примѣненіе ея для небольшихъ съемокъ (насколько позволяетъ видимость въ діоптры безъ трубы).

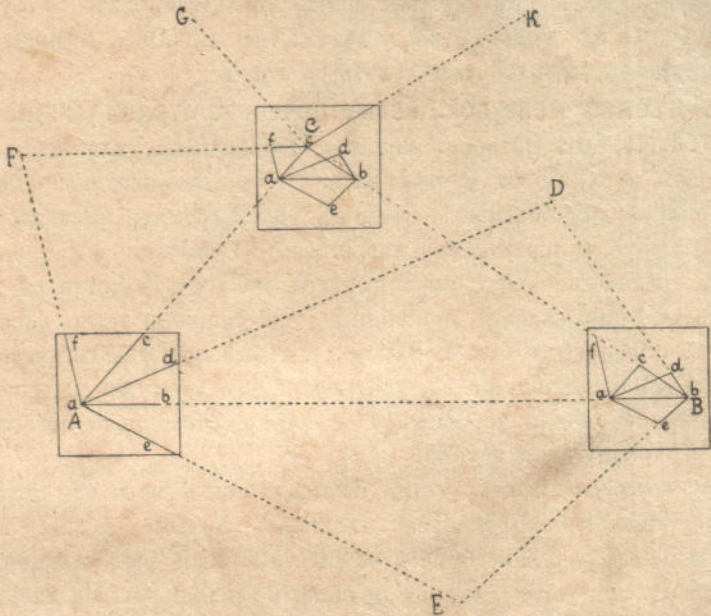
Прежде всего замѣтимъ, какъ наклеивается бумага на доску. Листъ бумаги для планшета вырѣзается нѣсколько больше доски, но такъ, чтобы свѣшивающіеся края бумаги были нѣсколько уже толщины доски. Резко бумагу на верхъ доски приклеить сплошь яичнымъ бѣлкомъ, размѣтымъ въ пѣну. Бѣлкомъ смазывается какъ листъ бумаги, исключая краевъ, такъ и доска. Наложивъ затѣмъ бумагу на доску, водятъ чистой тряпкой по срединѣ доски къ краямъ, пока бумага не пристанетъ сплошь; тогда концы бумаги загибаются и приклеиваются къ бокамъ доски крахмаломъ. Бумага, наклеенная этимъ способомъ, не вздувается въ сырую погоду и въ другое время она легко снимается съ доски. Когда наклеенная на доску бумага высохнетъ, на ней чертятъ опредѣленныхъ размѣровъ квадратъ, стороны котораго параллельны краямъ доски,—оставляя по краямъ полосу бумаги по крайней мѣрѣ въ 1" для обозначенія на ней концовъ прочерчиваемыхъ на планѣ линий. Полученный квадратъ и заполняется при съемкѣ такъ, какъ сказано выше, примѣняются и готовые планшеты алюминіевые съ наклеенной бумагой.

Переходя къ объясненію съемки мензулой, замѣтимъ, что съемка ведется такимъ образомъ, что съ помощью ея опредѣляется и наносится на планшетъ положеніе главныхъ точекъ, въ которыхъ постепенно и устанавливается мензула для съемки подробностей (если съ одной стоянки нельзя снять всего участка).

Главные точки снимаются триангуляціей, т. е. треугольниками. Для этого выбираемъ сперва, по возможности на ровномъ мѣстѣ вблизи границъ участка, а при малыхъ участкахъ—внутри ихъ, двѣ первыя главные точки, называемыя А и В (чер. 244); линію АВ, называемую базисомъ, измѣряемъ непосредственно поточнѣе лентой нѣсколько разъ и беремъ среднее изъ этихъ измѣреній. Длина базиса (отъ 50 до 300 с. *) зависитъ отъ размѣровъ снима-

* Длинный базисъ можно брать, если при алидадѣ труба.

маемой площади и отъ масштаба плана: чѣмъ участокъ меньше, тѣмъ базисъ меньше; чѣмъ масштабъ крупнѣе, тѣмъ тоже базисъ меньше;



Чер. 244.

желательно, чтобы базисъ при такой съемкѣ изображался на планѣ линіею длиною отъ 2-хъ до 5-ти дюймовъ. Дальнѣйшія главныя точки триангуляціи С, D, E... выбираются по возможности на открытыхъ возвышенныхъ мѣстахъ такъ, чтобы изъ каждой выбранной точки было видно побольше подробностей мѣстности и были бы видны сосѣднія главныя точки. Если соединить эти точки прямыми линіями, то получимъ на мѣстности рядъ треугольниковъ. Размѣры разстояній между выбираемыми точками, подобно величинѣ базиса, зависятъ отъ размѣровъ участка, а также и отъ характера мѣстности, отъ количества подробностей. Въ выбираемыхъ точкахъ устанавливаются штыки или высокія жерди.

Послѣ непосредственнаго измѣренія базиса дѣлаемъ въ точкѣ А на концѣ базиса первую установку мензулы; устанавливаемъ ее по сторонамъ свѣта (буссолью) и въ горизонтальномъ положеніи. При этомъ точку мѣстности намѣчаемъ на планшетѣ въ точкѣ а такъ (чер. 244), чтобы планъ удобно расположился на бумагѣ. Точка а должна быть надъ точкой А мѣстности. Затѣмъ прикладываемъ край алидады въ точкѣ а и въ тоже время наводимъ діоптры ея на другой конецъ базиса, т. е. на точку В, а также на другіе видимые изъ А выбранные триангуляціонные пункты С, D, E и F и прочерчиваемъ отъ точки а по краю алидады линіи ab, ac, ad, ae, af; на краю доски по направленію этихъ линій дѣлаются помѣтки и пишутся номера или названія точекъ. Послѣ визирования въ всѣ точки повѣряемъ, сохранилась ли ориентировка доски, т. е. наводимъ вторично діоптры на точку В и смотримъ, совпадаетъ ли скошенный край

алидады съ линіей ab . Затѣмъ по направленію ab откладываемъ длину базиса въ нашемъ масштабѣ; тогда получимъ положеніе точки b , соответствующей точкѣ B мѣстности. Перенеся далѣе мензулу въ точку B , устанавливаемъ ее горизонтально точкой b бумаги надъ точкой B мѣстности и при томъ поворачиваемъ такъ, чтобы діоптры алидады, приставленной своимъ краемъ къ линіи ab , попали на точку A : это называется ориентировкой мензулы по линіи BA ; мензулу придется поворачивать здѣсь сперва грубымъ вращеніемъ (освободивъ становой винтъ), а затѣмъ микрометреннымъ винтомъ. Мы приведемъ мензулу такимъ образомъ въ то же положеніе относительно направленія линіи AB мѣстности, а слѣдовательно и относительно странъ свѣта, какъ при первой установкѣ въ точкѣ A : линія ab на бумагѣ и линія AB на мѣстности будутъ между собой параллельны. Замѣтимъ, что ориентировать мензулу въ точкѣ B съ помощью одной буссоли не удобно, такъ какъ при ориентировкѣ по буссоли мы не можемъ, вообще говоря, достигнуть такого точнаго совпаденія направленія линіи ab на планѣ и AB на мѣстности, какъ при ориентировкѣ по линіи AB . Когда мензула въ точкѣ B установлена, то прикладываемъ алидаду къ точкѣ b и наводимъ діоптры на видимыя точки триангуляціи C, D, E , прочерчиваемъ по краю алидады линіи bc, bd, be отъ точки b до встрѣчи съ линіями ac, ad, ae . При пересѣченіи этихъ линій получимъ на планѣ точки c, d, e , соответствующія точкамъ C, D, E мѣстности. Дѣйствительно, треугольникъ abc подобенъ треугольнику ABC , такъ какъ $\angle abc = \angle ABC$ и $\angle bac = \angle BAC$, а потому точка c есть изображеніе точки C ; то же можно сказать про точки d и e . Такимъ образомъ, кромѣ точекъ A и B , дальнѣйшія главныя точки наносятся на планъ безъ непосредственнаго измѣренія разстояній. Прежде чѣмъ снимать мензулу съ точки B , провѣримъ, сохранилась ли ея ориентировка по линіи BA . Переносимъ далѣе мензулу въ точку C , центрируемъ ее надъ этой точкой и ориентуемъ по линіи CA , а для повѣрки—и по CB ; затѣмъ для повѣрки же визируемъ на снятые уже нами пункты D и E ,—если только они видны, и замѣчаемъ, проходитъ ли край алидады черезъ точки d и e бумаги. Лишь только послѣ такой повѣрки визируемъ на новые пункты G, K, F и т. д.; прежде чѣмъ снимать мензулу съ точки C , провѣряемъ ориентировку ея по CA . Переставляя мензулу въ дальнѣйшія точки, можемъ снять на планъ всѣ нужные намъ главныя точки. Одновременно со съемкой главныхъ точекъ снимаются изъ тѣхъ же точекъ и всѣ нужные контуры мѣстности приѣмами, указанными въ слѣдующемъ §. Описанное нанесеніе на планъ главныхъ точекъ засѣчками называется геометрической триангуляціей.

Остановимся нѣсколько подробнѣе на установкѣ мензулы надъ точкой (центрированіи ея), приведеніи въ горизонтальное положеніе и ориентировкѣ, такъ какъ точное выполненіе одновременно всѣхъ этихъ требованій довольно хлопотливо. Возьмемъ мюнхенскую мензулу. Прежде чѣмъ устанавливать ее, позаботимся, чтобы подъемные винты были ввинчены приблизительно на половину ихъ длины, а также—чтобы верхней доскѣ A (чер. 233) оставалась свобода перемѣщенія по доскѣ C на одинаковую дли-

ну въ ту и другую сторону, когда отпущены планки Е, Е, прижимающія доску А къ доскѣ С: дѣло въ томъ, что доска А можетъ скользнуть по доскѣ С лишь до тѣхъ поръ, пока одна изъ планокъ Е, привинченныхъ къ доскѣ А, не упрется въ доску С или в или же въ микрометричный винтъ; а потому нужно доску А закрѣпить планками Е въ такомъ положеніи, чтобы всѣ части планокъ были приблизительно на равныхъ съ противоположныхъ сторонъ разстояніяхъ отъ сосѣднихъ частей мензульной подставки. Затѣмъ, стараясь держать мензулу по странамъ свѣта, устанавливаемъ ее на глазъ въ горизонтальномъ положеніи съ помощью ножекъ штатива и на глазъ же данной точкой бумаги надъ точкой мѣстности; сейчасъ же ориентируемъ мензулу точнѣе (хотя еще не окончательно) по странамъ свѣта буссолью или же по пройденной линіи, смотря въ діоптры, а также приводимъ ее точнѣе въ горизонтальное положеніе ножками штатива, наблюдая за уровнемъ—съ тѣмъ, чтобы рѣшить, возможно ли будетъ центрировать ее точно, если это требуется (при крупномъ масштабѣ съемки), при данномъ положеніи штатива. Для этого центрированія мы отпускаемъ немного планки Е и перемѣщаемъ верхнюю доску А параллельно самой себѣ такъ, чтобы отвѣсъ вилки, приставленной къ точкѣ на бумагѣ, подошелъ поближе къ точкѣ мѣстности. Если окажется, что перемѣщенія доски хватитъ для точнаго центрированія, то окончательно вдавливаемъ ножки въ землю и ориентируемъ мензулу, дѣйствуя микрометричнымъ винтомъ, далѣе—центрируемъ ее передвиженіемъ доски А по доскѣ С; затѣмъ закрѣпляемъ планки Е и приводимъ мензулу въ горизонтальное положеніе уровнемъ; послѣ этого еще разъ повѣряемъ, точно ли она ориентирована: на точность ориентировки (по данной линіи) нужно обращать главное вниманіе при установкѣ мензулы.

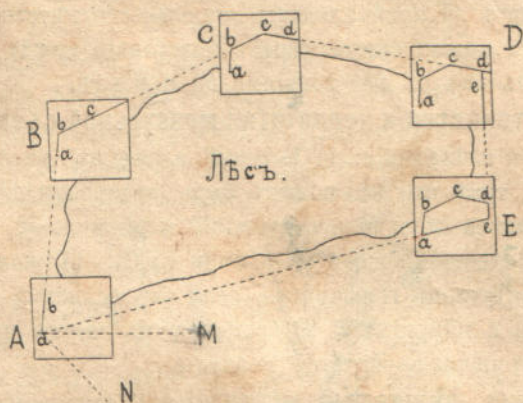
Если бы оказалось, что указаннаго выше перемѣщенія доски А по доскѣ С не достаточно для точнаго центрированія, то придется переставить весь штативъ.

Если при съемкѣ мензулой выбранные триангуляціонные пункты и снимаемая мѣстность не помѣщаются на одномъ планшетѣ, то послѣ заполнения одного планшета онъ замѣняется другимъ, на которомъ продолжается нанесеніе пунктовъ и подробностей. При этомъ пункты перваго планшета, близкіе къ краямъ его, но подалеже одинъ отъ другого, переносятся согласно ихъ положенію на второй такой же планшетъ, чѣмъ и достигается связь между снятыми на ту и другую доску точками. Точно такъ же можно далѣе перенести на третью доску.

§ 93. Съемка подробностей мензулой. При съемкѣ подробностей мѣстности мензулой возможны слѣд. приемы: 1) способъ обхода, 2) способъ засѣчекъ, 3) способъ полярный и 4) способъ промѣровъ съ вѣхи на вѣху.

1) Способъ обхода употребляется при съемкѣ закрытыхъ внутри пространствъ. Положимъ, нужно снять очертанія лѣса (чер. 245). Намѣчаемъ кругомъ лѣса вѣхами прямолинейный многоугольникъ ABCDE, снимаемъ сперва точку А, напр. изъ триангуляціоннаго пункта М или изъ двухъ М и N. Затѣмъ устанавливаемъ мензулу въ точкѣ А, ориентируя ее по АМ; приста-

вляемъ алидаду въ точкѣ а, т. е. къ изображенію точки А, и направляемъ діоптры на точку В; прочерчиваемъ по краю алидады линію ab и отклады-



Чер. 245.

ваемъ на ней длину АВ, измѣряемую лентой. Такимъ образомъ получимъ на планѣ въ точкѣ b положеніе точки В мѣстности. Затѣмъ переносимъ мензулу въ точку В, центрируемъ ее точкой b надъ точкой В мѣстности, ориентируемъ съ помощью діоптровъ по линіи ВА и затѣмъ діоптры наводимъ на точку С и прочерчиваемъ линію. Далѣе измѣряемъ линію ВС и откладываемъ ее на мензулѣ по начерченному направленію и т. д. При этомъ снимаемъ перпендикулярами очертанія лѣса и заносимъ въ абрисъ въ отдѣльной тетради; послѣ съемки всего многоугольника и уничтоженія невязки переносимъ очертанія лѣса съ абриса на планшетъ. Невязка въ многоугольникѣ ABCDE не должна превосходить $\frac{1}{100}$ его периметра; уничтожается она параллельными линіями по обыкновенію.

2 и 3) Способы засѣчекъ и полярный не требуютъ особенныхъ поясненій послѣ разсказаннаго объ этихъ способахъ въ описаніи съемки астролябіей; нужно себѣ только ясно представлять, что въ каждой точкѣ стоянія мензула должна быть ориентирована наведеніемъ діоптровъ на какую либо пройденную уже и нанесенную на планѣ точку. Засѣчки дѣлаются такъ же, какъ при описанной въ § 92 триангуляціи. При полярномъ же способѣ откладываемъ по прочерчиваемымъ линіямъ измѣряемыя разстоянія отъ точки стоянія мензулы до контуровъ мѣстности.

4) Способъ промѣровъ съ вѣхи на вѣху состоитъ въ слѣдующемъ. Когда нанесены главные пункты съемки, то дѣлается промѣръ лентой съ одного пункта на другой (съ одной „вѣхи“ на другую) и заносятся на планѣ пересѣкаемыя при этомъ подробности—согласно ихъ разстояніямъ отъ пункта.

Самый точный изъ этихъ способовъ есть способъ промѣровъ съ вѣхи на вѣху; затѣмъ по точности слѣдуютъ способы засѣчекъ и полярный. Между другихъ точенъ способъ обхода, такъ какъ при немъ ошибка въ опредѣленіи предшествующей точки вліяетъ на положеніе дальнѣйшихъ точекъ. Чаще другихъ примѣняются по удобству способъ полярный и засѣчекъ.

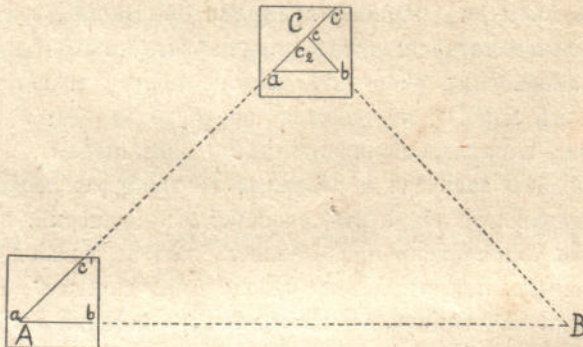
Съемка подробностей можетъ быть провѣряема подобно повѣркѣ триан-

гуляционныхъ пунктовъ, именно: изъ какой либо точки участка, надъ которой мензула центрирована, визируемъ на точки контуровъ мѣстности и наблюдаемъ, проходитъ ли край алидады черезъ соответственные точки бумаги. Для повѣрки можно еще измѣрять разстоянія между точками на мѣстности и сравнивать ихъ съ разстояніями на мензулѣ.

§ 94. Достоинства и недостатки мензульной съемки. Достоинства мензульной съемки слѣдующія: 1) Готовый планъ въ масштабѣ получается тутъ же въ полѣ, такъ что не можетъ быть недоразумѣній при накладкѣ; 2) не требуется здѣсь столько отсчитываній и вычисленій, какъ при съемкѣ астролябіей. Недостатки же этой съемки слѣд.: 1) малая сравнительная точность измѣренія угловъ графически, если бы величина угловъ требовалась въ градусахъ и минутахъ и 2) громоздкость самого прибора и присутствіе на немъ еще принадлежностей мензулы.

§ 95. Задачи, рѣшаемая мензулой. Разсмотримъ слѣдующія задачи, встрѣчающіяся при съемкѣ триангуляціи, когда снятыя точки, которыми нужно пользоваться для съемки дальнѣйшихъ точекъ, недоступны (одна или болѣе).

Задача 1. Снять на мензулу точку С (чер. 246) мѣстности, если сняты точки А и В причѣмъ точка В недоступна (крестъ колокольни, труба дома и т. п.).

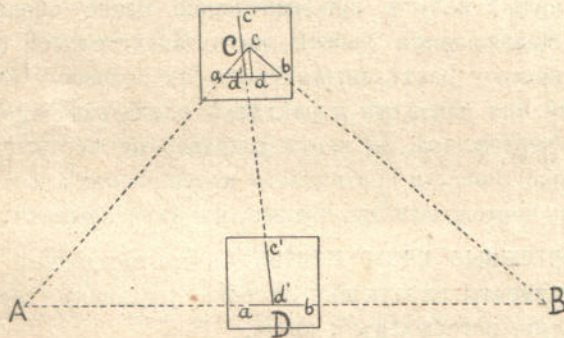


Чер. 246.

Поставимъ сперва мензулу въ доступной точкѣ А, центрируемъ точкой а бумаги надъ точкой А, ориентуемъ ее по имѣющейся на планшетѣ линіи ab (визируя на В) и визируемъ на снимаемую точку С; прочерчиваемъ по краю алидады линію ac'. Затѣмъ переходимъ съ мензулой въ точку С, устанавливаемъ ее горизонтально и ориентуемъ по линіи c'a; при этомъ такъ какъ точки с у насъ на планѣ нѣтъ, то мы можемъ центрировать мензулу только приблизительно, взявъ на линіи ac' нѣкоторую точку с₂ соответствующую приблизительно точкѣ С мѣстности, и этой точкой устанавливая надъ точкой С; но во всякомъ случаѣ этимъ способомъ планшетъ будетъ установленъ параллельно его прежнему положенію въ точкѣ А. Затѣмъ черезъ точку b, имѣющуюся на планшетѣ, визируемъ на точку В

мѣстности и прочерчиваемъ линію bc , пересѣченіе которой съ линіей ac дастъ положеніе точки c . Вслѣдствіе неточной центрировки положеніе найденной нами точки c будетъ не вполне точно. (при крупномъ масштабѣ) Тогда поправка дѣлается слѣдующимъ образомъ. Центрируемъ мензулу вторично найденной точкой c надъ точкой C мѣстности. Точка c во всякомъ случаѣ настолько близка къ истинному положенію, что маленькая остающаяся еще неточность центрировки не будетъ имѣть значенія. Ориентируемъ мензулу по линіи ca и визируемъ на B , приставивъ край алидады къ точкѣ b плана. Пересѣченіе края алидады съ линіей ac' дастъ исправленное положеніе точки c . Этотъ приемъ съемки точки C называется застѣчкой назадъ.

Задача 2. Снять точку C (чер. 247) по двумъ снятымъ точкамъ A и B , если обѣ точки A и B недоступны, но въ нѣкоторыхъ другихъ своихъ точкахъ линія AB доступна. Устанавливаемъ мензулу горизонтально на линіи AB въ какой либо точкѣ D , ориентируемъ ее по линіи ab



Чер. 247.

и центрируемъ приблизительно, взявъ нѣкоторую точку d' на линіи ab соответствующую на глазъ точкѣ D мѣстности. Приложивъ къ точкѣ d' алидаду, визируемъ на точку C и прочерчиваемъ линію $c'd'$. Затѣмъ переносимъ мензулу въ точку C . Имѣя на планшетѣ линію $c'd'$, мы можемъ установить здѣсь мензулу параллельно ея прежнему положенію; для этого приставляемъ алидаду къ линіи $c'd'$ и поворачиваемъ мензулу, пока діоптры не покроютъ точку D . Центрировать же мы можемъ здѣсь пока только приблизительно какой либо точкой линіи $c'd'$ надъ точкой C . Когда мензула ориентирована по CD , визируемъ на точку A , приставляя алидаду къ точкѣ a бумаги, и затѣмъ визируемъ на точку B , приставляя алидаду къ точкѣ b бумаги; прочерчиваемъ въ обоихъ случаяхъ линіи ac и bc , пересѣченіе которыхъ дастъ точку c , соответствующую точкѣ C мѣстности. Для исправленія положенія точки c —вслѣдствіе неточной центрировки въ D и C —визируемъ изъ C на D , приставивъ алидаду къ найденной точкѣ c и прочерчиваемъ линію cd . Затѣмъ центрируемъ вторично найденной точкой c надъ точкой C , ориентируемъ по новой линіи cd и визируемъ вторично на A и B , приставляя алидаду къ точкамъ a и b бумаги; при этомъ прочерчиваемъ по краю алидады линіи: тогда получимъ исправленное положеніе точки c .

Глава 9. Черченіе землемѣрныхъ плановъ.

§ 96. Условія, требуемыя при выполненіи землемѣрныхъ плановъ. На землемѣрныхъ планахъ всѣ размѣры мѣстности (въ масштабѣ) должны выйти по возможности точнѣе, потому что по плану рѣшаются разные важные вопросы, напр.—опредѣляется длина линий, которыя непосредственно не взмѣрялись, вычисляется площадь участка и частей его. Точность вычисления площади и опредѣленія длины линий зависитъ не только отъ точности съемки, но въ значительной степени и отъ точности накладываемаго плана; поэтому при накладкѣ требуется проведеніе карандашомъ тонкихъ и правильно-прямыхъ линий, аккуратное откладываніе по масштабу длинъ линий, точное возстановленіе перпендикуляровъ и проведеніе линий подъ данными углами. Послѣ накладкы планъ обводится тонкими линиями тушью и раздѣляется принятыми условными знаками—красками или же тушью. При этой второй половинѣ работы при исполненіи плана обращается вниманіе не только на правильность работы, но въ значительной степени и на чистоту окраски, красоту раздѣлки, аккуратность надписей. Выполненіе всѣхъ этихъ требованій при накладкѣ и раздѣлкѣ плана зависитъ не только отъ внимательности чертежника, но и отъ исправности чертежныхъ инструментовъ и доброкачественности чертежныхъ матеріаловъ; а потому остановимся прежде всего на чертежныхъ инструментахъ и матеріалахъ.

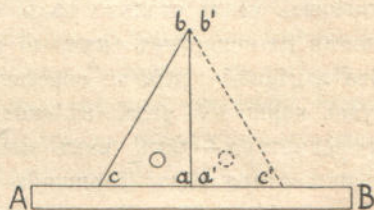
§ 97. Чертежные инструменты. Самые обыденные и необходимыя чертежные инструменты слѣдующіе: линейка, угольникъ (треугольникъ), циркуль, транспортиръ, рейсфедеръ и кисть.

Линейка. Хорошая чертежная линейка дѣлается обыкновенно изъ твердаго грушеваго дерева. Длина линейки различна въ зависимости отъ размѣровъ доски, на которую наклеивается бумага для чертежей. Такъ для четверть-листовой доски достаточна линейка длиною въ 20 дм., для листовой—въ 30—35 дм., для полулистовой можетъ служить линейка тоже въ 20 дм. или немного больше; во всякомъ случаѣ линейка не должна превосходить большей стороны доски. Линейка должна быть тонка (около $\frac{1}{16}$ дм.); такая линейка легко изгибается въ рукахъ; она плотно пристаетъ къ бумагѣ при нѣкоторомъ надавливаніи рукой. Въ линейкѣ требуется выполненіе слѣдующихъ условій: 1) Линейка не должна быть покороблена; это повѣряется или на глазъ, или прикладываніемъ линейки плашмя къ вѣрной плоскости. Замѣтимъ, что линейка и угольникъ коробятся, если висятъ долго на гвоздѣ на каменной стѣнкѣ или лежать на солнцѣ. 2) Каждое ребро линейки должно представлять изъ себя прямую линію. Для повѣрки этого условія прочерчиваемъ на ровномъ листѣ бумаги по всей длинѣ вывѣряемаго ребра линію твердымъ тонко очиненнымъ карандашомъ; затѣмъ прикладываемъ линейку тѣмъ же ребромъ къ прочерченной линіи—но съ другой стороны ея, не перевертывая линейку. Если при второмъ положеніи испытываемое ребро пристанетъ по всей длинѣ одинаково къ начерченной линіи, то ребро это вѣр-

но. Такимъ же образомъ повѣряется и второе ребро. Слѣдуетъ продѣлать то же, перевернувъ линейку на другую ея плоскость.

Угольникъ (треугольникъ). Хорошій угольникъ дѣлается изъ такого же дерева и такой же толщины, какъ и линейка. Продолговатые угольники удобнѣе угольниковъ съ равными катетами. Размѣры угольника должны соответствовать длинѣ линейки; можно сказать приблизительно, что большій катетъ угольника нѣсколько превосходить половину длины линейки. Въ угольникѣ должно быть повѣрено выполнение слѣдующихъ условій. 1) Угольникъ не долженъ быть покоробленъ; повѣряется это такъ же, какъ и въ линейкѣ. 2) Каждое изъ трехъ реберъ угольника должно представлять прямую линію; повѣрять можно такъ же, какъ и въ линейкѣ; но если у насъ имѣется вывѣренная уже линейка, то для ускоренія можно ребро угольника прикладывать къ ребру линейки и смотрѣть, по всей ли длинѣ угольникъ плотно пристаётъ къ линейкѣ. 3) Повѣряется прямой уголъ угольника.

Для этого на ровной бумагѣ приставляемъ къ вывѣренной линейкѣ АВ (чер. 248) угольникъ abc такъ, чтобы край ac угольника (меньшій катетъ) плотно прилегалъ къ линейкѣ, и по катету ab проводимъ тонкую черту карандашомъ; затѣмъ оставляя линейку неподвижной, перекладываемъ угольникъ, вращая его около катета ab, и подвигаемъ



Чер. 248.

по линейкѣ къ начерченной линіи до положенія $a' b' c'$; при этомъ катетъ ac будетъ идти по линейкѣ; если замѣтимъ, что катетъ ab одинаково плотно подойдетъ къ начерченной линіи по всей ея длинѣ, то значить — уголъ a прямой.

Циркуль. Циркуль (чер. 249) служитъ для откладыванія линій данной длины и для измѣренія линій помощью масштаба; для этого нуженъ циркуль съ двумя острыми ножками. Ножки циркуля дѣлаются стальные. Циркуль

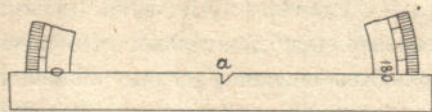


Чер. 249.

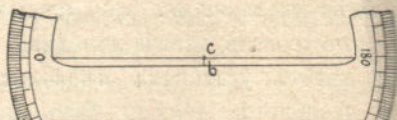
долженъ удовлетворять слѣдующимъ условіямъ: 1) Ножки должны вращаться на шарнирѣ безъ особаго усилія, но все таки съ достаточнымъ треніемъ, чтобы данный циркуль растворъ не могъ самопроизвольно измѣниться при откладываніи линій на планѣ; шарниръ, сжимающій ножки циркуля, подвигается особымъ ключемъ. 2) Ножки циркуля должны быть хорошо заострены, а сдвинутые вмѣстѣ концы ихъ должны сходиться плотно, такъ чтобы на бумагѣ при уколѣ сдвинутыми ножками получалась одна точка. Замѣтимъ, что при откладываніи длинныхъ линій циркулемъ средней величины (съ ножками около 5 дм. длиною) нужно избѣгать раздвигать циркуль больше 5''—6'', такъ какъ ножки становятся очень наклонны къ масштабу и бумагѣ. Если требуется отложить линію длиннѣе, то она откладывается по частямъ.

Транспортиръ. Къ сказанному о транспортирѣ въ § 84 добавимъ слѣ-

дующее. Центр дуги транспортира находится в точке a (чер. 250), т. е. в вершинѣ прямого угла при вырѣзкѣ, или же на концѣ c (чер. 251) черточки bc . Условія, которымъ долженъ удовлетворять транспортирь слѣдующія. 1) Дѣленія транспортира должны быть вѣрны. Для повѣрки чер-

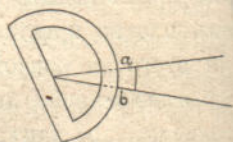


Чер. 250.



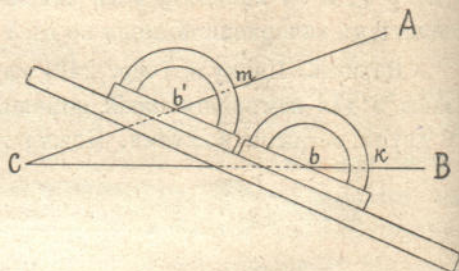
Чер. 251.

тимъ на бумагѣ небольшой уголь, градусовъ въ 25, и измѣряемъ его на разныхъ частяхъ транспортира, т. е. поворачиваемъ постепенно транспортирь и смотримъ, будетъ ли дуга ab (чер. 252) между сторонами данного угла содержать всегда одинаковое число градусовъ. Чтобы повѣрить все дѣленія транспортира, нужно было бы измѣрить уголь столько разъ, сколько дѣлений, передвигая транспортирь каждый разъ, на одно дѣленіе. Это измѣреніе угла не совсемъ удобно дѣлать, пользуясь вершиною угла, въ которомъ ставится центръ транспортира,—такъ какъ точная установка центра



Чер. 252.

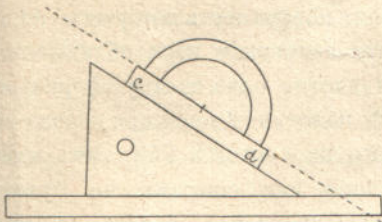
транспортира надъ вершиною угла затруднительна. Удобнѣе по своей точности слѣдующій приемъ, въ которомъ центръ транспортира ставится не въ вершину угла, а на сторонѣ угла. Пусть ACB (чер. 253)—данный уголь. Транспортирь центромъ b и какой либо чертой k дуги кладемъ на сторону CB угла. Затѣмъ, приставивъ къ транспортиру линейку, подвигаемъ по ней транспортирь, пока центръ его не ляжетъ на сторонѣ CA въ точкѣ b' , и замѣтимъ отсчетъ при точкѣ m на сторонѣ AC . Вытя одинъ изъ другого два отсчета,—при точкахъ k и m , получимъ величину угла. Послѣ этого ставимъ транспортирь другимъ дѣ-



Чер. 253.

леніемъ на линію CB , передвигаемъ до линіи CA и опять получаемъ величину угла C и т. д.; если для угла C получатся величины равныя, то дѣленія дуги, соответствующія градусамъ, равны между собою. Вопросъ только въ томъ, чему равенъ каждый изъ 180-ти угловъ при центрѣ? Если они образуютъ два прямыхъ, то каждый изъ нихъ есть дѣйствительно угловой градусъ. Чтобы узнать это, достаточно повѣрить: 2) лежатъ ли три точки транспортира: центръ его, дѣленія 0° и 180° на одной прямой линіи. Для этого кладемъ транспортирь на бумагу и переносимъ на нее эти три точки уколomъ иглой или карандашомъ,—тогда можно повѣрить, лежатъ ли онѣ на одной прямой; вмѣсто этого можемъ прочертить сперва прямую линію на бумагѣ и положить на нее транспортирь дѣленіями 0° и 180° и посмотрѣть, лежитъ ли

центр на той же линіи. (Первую повѣрку транспортира производятъ еще иначе, замѣняя ее двумя повѣрками: а) повѣряютъ циркулемъ равенство дѣлений транспортира, б) переводятъ на бумагу центръ и дугу транспортира и,

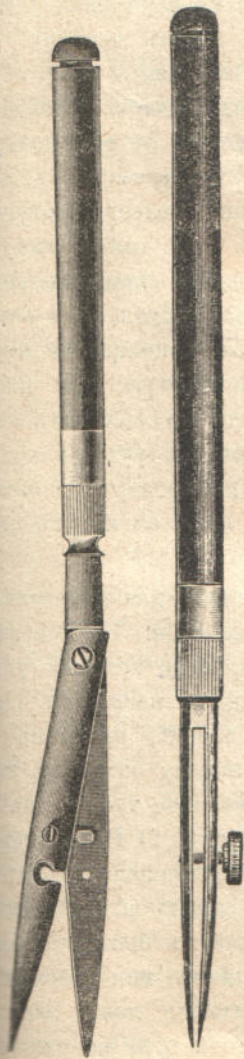


Чер. 254.

поставивъ одну ножку циркуля въ центръ, повѣряютъ, дѣйствительно ли дуга транспортира представляетъ дугу круга съ даннымъ центромъ. Относительно этого способа повѣрки замѣтимъ, что строго говоря, нѣтъ необходимости, чтобы линейная длина дѣлений была вездѣ равна и чтобы дуга транспортира представляла дугу круга,—лишь бы центральные углы получались равные между собою.

3) Последняя повѣрка транспортира слѣдующая: край *cd* транспортира (чер. 254) долженъ быть параллеленъ диаметру его. Для повѣрки кладемъ транспортиръ диаметромъ его (0° — 180°) на прочерченную на бумагѣ прямую линію; затѣмъ приложивъ къ краю *cd* угольникъ, а къ угольнику линейку, отнимаемъ транспортиръ, а угольникъ подвигаемъ по линейкѣ и смотримъ, подойдетъ ли онъ къ прочерченной линіи плотно всей длинѣй *cd*.

Рейсфедеръ. Рейсфедера двухъ видовъ показаны на чертежахъ 255, 256. Въ первомъ изъ нихъ перо длинное, одна половинка его откидная; она откидывается при чисткѣ внутренней поверхности пера. Для чистки это удобно, но зато при откидываніи и закрѣпленіи вновь одной половины пера къ другой половинѣ, неподвижной, первая половина можетъ быть сдвинута нѣсколько въ сторону относительно второй, что не желательно. На чер. 256 показанъ рейсфедеръ съ короткимъ перомъ, обѣ половинки котораго состоятъ изъ одного куска стали, пропиленного внутри; его ножки не могутъ сдвинуться въ сторону. При черченіи рейсфедеръ держатъ перпендикулярно къ бумагѣ, почти не надавливая на бумагу. Отъ времени до времени нужно перо очищать тряпочкой отъ высыхающей на немъ туши. Повѣрка или вѣрнѣе проба рейсфедера дѣлается проведеніемъ рейсфедеромъ по линейкѣ на бумагѣ линій различной толщины, что достигается подвинчиваніемъ или отпусканіемъ имѣющагося при перѣ винта; главнымъ образомъ пробуютъ проведеніе по возможности тонкихъ линій; очень тонкія линіи должны чертиться легко и отчетливо — безъ перерывовъ. Притупившійся отъ времени рейсфе-



Чер. 255.

Чер. 256.

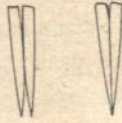
деръ или испортившійся и не дающій тонкихъ линій подтачивается на мелкозернистомъ брускѣ или на самомъ мелкомъ наждачномъ полотнѣ; обѣ половинки его заостряются съ наружной, но не съ внутренней стороны, причѣмъ онѣ имѣютъ видъ лопатокъ (чер. 257, 258), внутренняя поверхность которыхъ плоская, а наружная выпуклая. При зажатіи винта половинки пера сближаются, причѣмъ крайнія точки b и b' должны подойти плотно одна къ другой раньше другихъ точекъ, т. е. въ исправномъ рейсфедерѣ половинки пера при сближеніи не должны принимать положенія, показаннаго на чертежѣ 259, такъ какъ



Чер. 257.



Чер. 258.



Чер. 259.

тогда перо или совсѣмъ не будетъ пропускать туши или будетъ пропускать ее плохо. Кромѣ того обѣ половинки при сближеніи должны стать такъ, чтобы одна не выступала относительно другой ни въ сторону, ни внизъ, т. е. чтобы одинъ конецъ не

былъ длиннѣе другого. Для большей точности конецъ подтачиваемаго рейсфедера разсматривается въ лупу. Чтобы рѣшить, достаточно ли рейсфедеръ остръ, обращаютъ конецъ его къ глазу и свѣту и смотрятъ, незамѣтно ли на самомъ кончикѣ его блестящей полоски, которая и будетъ означать, что конецъ тупой—весь или какая нибудь половинка его. Такъ какъ кончикъ рейсфедера представляетъ очень чувствительное мѣсто, то нужно съ нимъ обращаться осторожно и между прочимъ избѣгать сближать обѣ половинки пера на столько, чтобы онѣ надавливали одна на другую, такъ какъ концы ихъ могутъ изогнуться;—лучше всего не сближать ихъ даже до легкаго соприкосновенія, а при черченіи устанавливать растворъ пера, глядя на свѣтъ; вычистивъ рейсфедеръ по окончаніи работы, нужно оставить половинки пера на нѣкоторомъ разстояніи одну отъ другой.



Чер. 260.

Кромѣ обыкновеннаго рейсфедера, удобнаго для проведенія прямыхъ линій, нужно упомянуть еще слѣдующіе: 1) Рейсфедеръ, вращающійся въ своей рукояткѣ (чер. 260), который удобенъ для проведенія кривыхъ линій по лекалу, напр. при черченіи на планѣ шоссеиныхъ и желѣзныхъ дорогъ, каналовъ и т. п.: при движеніи такого рейсфедера по лекалу онъ самъ поворачивается такъ, что его отверстіе, выпускающее тушь, стоитъ параллельно направленію лекала въ каждой точкѣ. 2) Рейсфедеръ двойной, на концѣ котораго имѣются два одинаковыхъ пера; такой рейсфедеръ даетъ сразу двѣ близкія параллельныя между собою линіи, разстояніе между которыми можетъ быть выбрано нами; онъ съ пользою можетъ быть употребляемъ при черченіи каналовъ, дорогъ, гдѣ нужны двѣ параллельныя линіи значительной длины съ сохраненіемъ вездѣ одного и того же разстоянія между ними.

Кисть. При окраскѣ чертежей употребляются мягкія барсуковыя кисти. Полезно имѣть кисть двойную: на чер. 261 показана двойная кисть въ нормальную величину, размѣръ которой наиболѣе подходящъ для окраски плановъ. Кисть должна удовлетворять слѣдующимъ условіямъ: 1) Смоченная въ водѣ и выравненная слегка о край стакана должна образовать правильный острый конецъ: такъ и нужно пробовать кисть при покупкѣ или по крайней мѣрѣ убѣдиться, что она въ сухомъ видѣ имѣетъ острый конецъ. Тупой кистью нельзя закрашивать узкихъ полосокъ и класть аккуратно краску у краевъ какой либо закрашиваемой площади. 2) Волосъ долженъ держаться крѣпко, не лѣзть при легкомъ вытягиваніи его рукой. 3) Кисть при своей мягкости должна быть въ то же время упруга, т. е. въ смоченномъ видѣ — согнутая при нажатіи на бумагу — должна принять первоначальный видъ, когда ее отнимаемъ отъ бумаги. Для закрашиванія узкихъ полосокъ полезно имѣть кисть маленькую.

§ 98. Чертежные матеріалы.

Бумага. Бумага для плана не должна быть глянцевитая, такъ какъ при очисткѣ резинкой поверхность такой бумаги портится; кромѣ того на такой бумагѣ совѣтъ плохо ложится краска. Для плановъ употребляется бумага слѣдующихъ видовъ: ватманская, александрійская, а въ нѣкоторыхъ случаяхъ масштабная. Лучшая бумага для землемѣрныхъ плановъ, раздѣляемыхъ красками, ватманская; она дороже другихъ сортовъ. Продается она большими листами размѣромъ 41"×28", или же малыми листами (полудлистами). Кромѣ того она бываетъ гладкая и шероховатая. На каждомъ листѣ бумаги есть подпись на краю водянистыми буквами J. WHATMAN и годъ выпуска листа съ фабрики. При покупкѣ нужно обращать вниманіе на годъ, такъ какъ бумага, пролежавшая значительное время, теряетъ свои достоинства. Особенность вѣшняго вида листа ватманской бумаги еще та, что листы въ продажѣ не обрѣзаны, такъ что края кажутся неровными. Достоинства этой бумаги слѣдующія: 1) Она крѣпкая и гибкая. 2) На ней хорошо, т. е. ровнымъ слоемъ ложится краска. 3) На ней можно счищать резиной линіи, проведенныя тушью, и мѣста закрашенныя и вновь на тѣхъ же мѣстахъ чертить и красить. 4) Она не боится воды: можно смыть водой губкой закрашенное случайно мѣсто и, давъ высохнуть бумагѣ, вновь красить; при такомъ смываніи, какъ и при счищеніи резиной, поверхность ватманской бумаги, конечно, немного портится, но не въ такой значительной степени, какъ въ другой бумагѣ.

Въ каждомъ листѣ ватманской бумаги нужно различать болѣе шероховатую и менѣе шероховатую (гладкую) сторону. Для плана, раздѣляемаго тушью безъ краски, берутъ ватманскую бумагу, то удобнѣе чертить на гладкой сторонѣ. Для



Чер. 261.

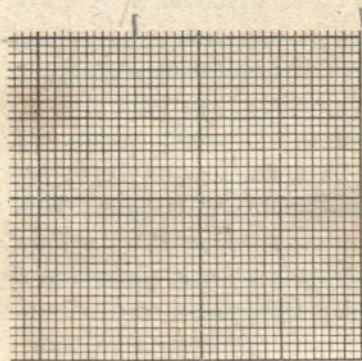
плановъ же, раздѣляемыхъ красками, иногда предпочитаютъ брать ховатую поверхность, на которой ровнѣе ложится краска,—хотя и гла сторона тоже хорошо принимаетъ краску.

Александрійская бумага слегка шероховата. Она продается листами (40"×27") и полулистами, бываетъ тоньше и толще,—бѣлая или же съ желтоватымъ оттѣнкомъ. Лучше брать толстую бѣлую бумагу. Александрійская бумага хорошо принимаетъ окраску; попадется сорта александрійской маги, на которой краска ложится не хуже, чѣмъ на ватманской. Она менее прочна, чѣмъ ватманская, и при подчисткахъ болѣе портится; смывать окраску съ такой бумаги почти невозможно.

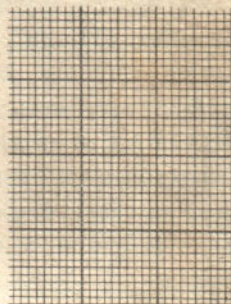
Толстую александрійскую бумагу называютъ слоновой.

Продается еще бумага въ большихъ сверткахъ рулонная—въ видѣ длинной широкой ленты (напр. 2—3 арш. ширины); она вообще толста и прочна, но бываетъ тверда. Продается на аршины или на метры. Она хороша для большихъ чертежей, легко выдерживаетъ подчистки и довольно хорошо принимаетъ окраску.

Масштабная бумага имѣетъ ту особенность, что на ней нанесена мелкая сѣтка; укажемъ бумагу, большія клѣтки которой имѣютъ стороны въ 1 сотую сажени (чер. 262) или же въ 1 сантиметръ (чер. 263); стороны



Чер. 262.



Чер. 263.

клѣтки въ 1 сотую сажени раздѣлена на 20 частей, а въ 1 сантиметръ на 10 частей; такимъ образомъ получаютъ на одной бумагѣ маленькія клѣтки со сторонами въ $\frac{1}{2}$ одной тысячной сажени, а на другой въ 1 миллиметръ. На первой бумагѣ оттѣнены еще полусотки сажени. Сѣтка нанесена или синими линиями на синеватой бумагѣ или желтыми—на желтоватой бумагѣ; на желтой виднѣе черныя линіи, проводимыя тушью, и цифры, а потому нужно предпочитать. Масштабная бумага употребляется для черченія профилей мѣстности, а также при накладкѣ плана въ некоторыхъ случаяхъ, когда снимаемыя точки расположены въ вершинахъ квадратовъ, намѣчаемыхъ на мѣстности; разстоянія на этой бумагѣ откладываются по клѣткамъ безъ пользованія особымъ масштабомъ. Она продается на аршины или метры.

Кромѣ разсмотрѣнных видовъ бумаги нужно упомянуть еще о калкѣ (прозрачной бумагѣ)—полотняной и бумажной, служащей для копирования плановъ. Одна сторона полотняной калки, верхняя, на которой располагается чертежъ, на видъ глянцевита, а задняя сторона матовая. Хотя чертежъ тушью дѣлается на гладкой сторонѣ, но окраска его производится по задней матовой поверхности. При окраскѣ калка нѣсколько коробится; для выпрямленія можно ее прогладить нагрѣтымъ утюгомъ. Бумажная калка очень тонка и слаба, но зато черезъ нее отчетливо видны подробности чертежа; она употребляется для небольшихъ временныхъ копировокъ.

Карандаши. Для накладки плановъ употребляются твердые карандаши изъ сибирскаго графита. Карандаши сибирскаго графита значительно (втрое) дороже обыкновенныхъ, но они могутъ дать тонкую чистую линію и не пачкаютъ бумагу. По степени твердости различаютъ 14 номеровъ карандашей сибирскаго графита, отмѣчаемыхъ особенными буквенными знаками—повтореніемъ буквы Н и буквы В. Отъ самаго твердаго до самаго мягкаго карандаши эти имѣютъ на концахъ слѣдующія обозначенія: ННННН (т. е. 6 разъ буква Н—это самый твердый), НННН, НННН, ННН, НН, Н, F, НВ, ВВ, ВВВ, ВВВВ, ВВВВВ, ВВВВВВ (самый мягкій). Номера обыкновенныхъ карандашей для письма (отъ № 1 до № 5) соотвѣтствуютъ по твердости слѣдующимъ обозначеніямъ: № 1 (мягкій) соотвѣтствуетъ ВВ, № 2—ВВ, № 3—F, № 4—НН, № 5—НННН. Для накладки плановъ служатъ карандаши твердые, обозначаемые 6-ью, 5-ью и 4-мя буквами Н. Мягкіе номера служатъ для рисованія.

Резина. Резина для карандаша должна легко стирать карандашъ, не царапать и не трогать бумаги. Резина для туши или очистки краски должна стирать тушь и краску и не рвать бумагу; слѣдуетъ избѣгать резинъ для туши, въ которыхъ замѣтны значительныя частицы стекла. Очень хороши для туши вошедшія въ послѣднее время въ употребленіе „стеклянные“ резинки, имѣющія видъ твердой зеленоватой массы. Кромѣ того употребляютъ еще совсѣмъ мягкая резина для очистки чертежей отъ грязи, напр. въ мѣстахъ, захватанныхъ руками.

Общую очистку чертежей отъ грязи (какъ въ мѣстахъ закрашенныхъ, такъ и бѣлую бумагу) можно дѣлать еще бѣлымъ мягкимъ, но не липкимъ лѣтомъ.

Тушь. Китайская тушь натирается съ водой въ фарфоровыхъ блюдечкахъ, пока не получится требуемая густота: это узнаютъ, наклоняя блюдечко въ ту или другую сторону; чтобы тушь давала черныя линіи, она должна при наклоненіи блюдечка переливаться замедленно и оставлять на мѣстахъ блюдечка совершенно черную густую окраску. вмѣсто наклоненія блюдечка для пробы дуютъ сверху на разведенную тушь, такъ что она разлетается въ стороны и обнажаетъ часть дна или стѣнокъ блюдечка,—и при этомъ дно окажется чернымъ и тушь будетъ замедленно возвращаться на свое мѣсто, то она достаточно густа. Конечно можно пробовать тушь и на бумагѣ рейсфедеромъ или перомъ. Если тушью долго работать,

то она въ блюдечкѣ высыхаетъ, особенно въ сухую погоду; поэтому постепенно прибавлять къ туши по нѣскольку капель воды или же вливать блюдечко съ тушью стекломъ или стаканомъ. Послѣ натирания нужно плитку обтереть во избѣжаніе растрескиванія. Блюдечки для туши да и для краски не должны быть очень малы; удобенъ размѣръ въ 3 см въ діаметрѣ. Можно рекомендовать продаваемую готовую жидкую тушь въ пузырькахъ, которая послѣ высыханія не боится воды.

Краски. Для раздѣлки (иллюминировки) плановъ служатъ такъ же акварельныя, т. е. разводимыя въ водѣ краски. Краски продаются или въ сухомъ видѣ плитками или въ видѣ густой массы въ особыхъ цилиндрическихъ трубкахъ, патронахъ; въ послѣднемъ случаѣ онѣ продаются цѣлыми наборами въ коробкахъ; но въ этихъ наборахъ не хватаетъ нѣкоторыхъ красокъ, а съ другой стороны въ нихъ есть лишнія, не употребляющіяся для раздѣлки плановъ; къ тому же лѣтомъ въ сухомъ мѣстѣ краска въ патронахъ высыхаетъ. Поэтому нужно предпочитать покупать краску плитками, выбирая нужныя намъ. Каждая плитка стоитъ отъ 20 до 60 коп., такъ что хорошія краски дороги; дешевенькія же краски не годятся для той чистой работы, какая требуется на планѣ. Въ послѣднее время вошли въ продажу и маленькія кругленькія плитки хорошей краски цѣною отъ 5 до 15 коп. При черченіи землемѣрныхъ плановъ употребляются слѣдующія краски: гуммигутъ (Gummigutt)—желтая; карминъ (Carminlack, Lac carmin, а также Carmin hell и Carmin extrafein)—красная*); берлинская лазурь (Preussisch Blau, Berliner Blau, Bleu de prusse)—синяя; сиенна жженая (Gebr. sienna, T. de sienne brulée)—коричневая; сепія (Sepia)—пепельно-нейтральнѣйшая (Neutral tinte, Teinte neutre)—сизая; французская зеленая (Französ. Grün, Gendre verte) зеленая; сурикъ (Saturnroth, Rouge de saturne)—свѣтло-кирпичная.

Краска, покупаемая въ плиткахъ, разводится слѣдующимъ образомъ. Берется въ блюдечко немножко воды, кисть смачивается въ водѣ; затѣмъ держа плитку въ рукѣ, водятъ по концу плитки мокрой кисточкой, пока она не напитается краской: эту краску смываютъ въ налитой въ блюдечко водѣ; обтерши кисть о края блюдечка, опять натираютъ ею по концу плитки, пока она не напитается краской и т. д., пока не получимъ краски требуемой густоты. вмѣсто того чтобы держать плитку въ рукѣ, можно наклеить нѣсколько плитокъ, особенно болѣе употребительныхъ красокъ, на одну стеклышкѣ: для этой наклейки смачиваютъ водой поверхность плитки, накладываютъ ее на стекло, и даютъ засохнуть. Краска же изъ патроновъ берется на блюдечко по немногу кисточкой, для чего задній конец патрона слегка сжимаютъ пальцами, пока въ отверстіе не покажется краска. Вообще нужно замѣтить, что краска разводится жидко, такъ что разведенная краска почти также удобоподвижна въ блюдечкѣ, какъ вола. Большая или меньшая

*) Carminlack, — темноватая, дешевле другихъ; Carmin hell — свѣтло-красная, дороже предыдущей; Carmin extrafein (экстра) — свѣтло-красная высшего сорта, болѣе дорогая.

густота окраски опредѣляется принятыми условными знаками раздѣлки плановъ.

Краски—французская зелень и сурикъ разводятся густо: закрашиваемыя ими мѣста заливаются толстымъ слоємъ.



Перья чертежныя (маленькія), служація для надписей на планахъ тушью, имѣютъ обыкновенно видъ, показанный въ натуральную величину на чер. 264; они меньше обыкновенныхъ перьевъ для письма, но дороже ихъ вдвое. Чертежное перо должно быть достаточно твердо и имѣть очень острый конецъ, чтобы можно было проводить тонкія лініи тушью, которая вообще

Чер. 264. гуще чернилъ.

§ 99. Приготовленіе къ накладкѣ плана: очистка доски, варка крахмала, наклейка бумаги, очинка карандаша.

Очистка доски. Чертежныя доски раздѣляются главнымъ образомъ на четверть-листовыя—размѣромъ 21"×14", полулистовыя—размѣромъ 28"×21" и листовыя—размѣромъ 41"×28". Поверхность доски должна представлять плоскость. Бумага для плана наклеивается на доску, такъ какъ ненаклеенная бумага коробится при окраскѣ. Для плановъ, раздѣляемыхъ тушью, а не красками, можно бумагу прикалывать къ доскѣ кнопками. Передъ накладкой бумаги нужно счистить съ краевъ доски старую бумагу, если она оставлена послѣ срѣзанія плана. Очистка доски дѣлается слѣдующимъ образомъ: сперва срываютъ, сколько можно, старую бумагу пальцами; затѣмъ стальную присохшую къ краямъ доски смачиваютъ водой съ помощью тряпки или кусочка мягкой тряпки, стараясь замочить какъ можно меньше краевъ; черезъ нѣсколько минутъ бумага отсырѣетъ и будетъ сниматься пальцами. Для ускоренія можно остатки смоченной бумаги срывать, двигая по краямъ доски какимъ либо тупымъ орудіемъ, напр. тупой стороной ножа. Затѣмъ очистки доски влажные края ея вытираются сухой тряпкой, чтобы края высохли. (Бумагу нельзя наклеивать, если края доски влажны). Можно строго избѣгать слѣдующихъ неправильныхъ приемовъ при очисткѣ доски: 1) не лить воду на всю доску, такъ какъ она можетъ при высыханіи покоробиться, или расклеиться; 2) не срѣзать и не соскабливать краевъ при помощи ножа старую бумагу насухо, такъ какъ этимъ края доски царапаются и портятся.

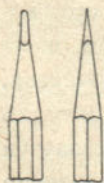
Варка крахмала. Для наклейки бумаги на доску употребляется крахмалъ; его варятъ слѣдующимъ образомъ. Взявъ для наклейки одной доски приблизительно полъ чайной ложечки сухого крахмала, разводятъ его холодной водой въ кружкѣ до жидкаго состоянія; для этого понадобится около чайной ложечки холодной воды. Затѣмъ вливаютъ туда же, помѣшивая, немного кипятку и, поставивъ кружку на горячую плиту, мѣшаютъ крахмалъ ложечкой, чтобы онъ не пригорѣлъ, пока не сгустится и не сдѣлается вязкимъ: свѣжій горячій крахмалъ долженъ представлять массу, которая течетъ, хотя и медленно, переливаясь. Когда крахмалъ охладится, онъ

сгущается. Удобно наклеивать свѣжимъ, но не горячимъ крахмаломъ; наклеивать старымъ крахмаломъ нужно растереть его твердые комочки. Если нѣтъ подъ рукой кипятку, то можно влить и холодной воды и поставить на предыдущему на горячую плиту. За неимѣніемъ чистаго крахмала (сушеннаго) можно варить клей изъ пшеничной муки, поступая при этомъ по предыдущему.

Наклейка бумаги. Листъ бумаги не долженъ быть больше доски. Загибаемъ правильно края его на ширину около $\frac{3}{4}$ " кверху, кладя на бумагу около загибаемаго края линейку, или же перевернувъ листъ на доску и пользуясь для загибанія краемъ доски; въ послѣднемъ случаѣ загибаемъ края бумаги книзу, но затѣмъ бумагу перевортываемъ обратно. Загнутые края бумаги нужно намазать крахмаломъ, а весь листъ, исключая краевъ, смочить обильно водой, поливая равномернo губкой и собирая губкой лишнюю воду съ тѣхъ мѣстъ, гдѣ она скопляется. Эти двѣ работы — намазываніе краевъ и смачиваніе листа — дѣлаются въ томъ или другомъ порядкѣ, т. е. либо раньше смачиваютъ листъ, исключая загнутыхъ краевъ, а потомъ намазываютъ края крахмаломъ съ нижней стороны и приклеиваютъ къ доскѣ, — либо раньше намазываютъ края и приклеиваютъ къ доскѣ, а затѣмъ уже смачиваютъ поверхность бумаги. Замѣтимъ, что смоченная бумага расширяется и вздувается, но когда высохнетъ, то сожмется и натянется сильнѣе, чѣмъ была до смачиванія; поэтому нѣтъ надобности растягивать бумагу руками при томъ или другомъ порядкѣ наклеиванія, такъ какъ можно ее растянуть не равномернo, и тогда на ней послѣ высыханія образуются морщины. Второй порядокъ наклеиванія удобнѣе: мы можемъ тогда перевернуть листъ намазываемой стороной кверху и, намазавъ края крахмаломъ, аккуратно, переложить обратно и приклеить, — причеиъ не нужно беспокоиться, что намазываемые края подмокнутъ и не будутъ принимать крахмала.

Относительно наклеиванія замѣтимъ еще слѣдующее: 1) приклеиваемые края не должны оттопыриваться, — ихъ нужно хорошо прижать къ доскѣ; 2) нужно наблюдать, чтобы на средину доски подъ бумагу не попало ни одной капли сочковой крахмала, отъ которыхъ прилипнетъ бумага къ доскѣ; 3) наклеивать бумагу нужно чистыми руками, — иначе края бумаги будутъ сильно загрязнены; 4) если бумага послѣ высыханія окажется слабо натянутой, можно смочить ее вторично и дать высохнуть; тогда она можетъ выровняться, такъ какъ при высыханіи сократится болѣе прежняго.

Очинка карандаша. Карандашъ чинятъ или въ видѣ тонкой правильной лопатки (чер. 265, видъ съ двухъ сторонъ), или въ видѣ круглаго тонкаго острія. Очинка въ видѣ лопатки полезна тѣмъ, что можно стирать линіи карандашъ очень тонко, и тѣмъ не менѣе онъ не будетъ ломаться при проведеніи линій и не будетъ быстро стираться, какъ это бываетъ при очинкѣ круглаго острія; но зато при проведеніи линій по линейкѣ карандашемъ лопаткой нужно каждый разъ обращать вниманіе, чтобы лопатка была приставлена к линейкѣ, какъ слѣдуетъ, т. е. своей плоской стороной. Кра



Чер. 265.

того лопаткой неудобно писать и соединять точки на планѣ отъ руки. Не смотря на эти два небольшія неудобства, карандашъ полезно чинить лопаткой при накладкѣ, особенно при накладкѣ окружной межи участка, магистралей и триангуляціи. Карандашъ долженъ быть достаточной длины, чтобы имѣлъ устойчивое положеніе въ рукѣ. Замѣтимъ, что при черченіи линий твердымъ карандашемъ сибирскаго графита его слабо пржимають къ бумагѣ, чтобы линія получалась сплошная; усиленнымъ нажатіемъ мы ничего не достигнемъ, а только изрѣжемъ бумагу, т. е. надѣлаемъ на ней углубленія отъ карандаша. При проведеніи линий по линейкѣ нужно заботиться, чтобы карандашъ вездѣ одинаково прилегалъ къ ребру линейки; для этого полезно карандашъ слегка наклонить въ сторону, противоположную линейкѣ.

§ 100. Вычерчиваніе плана: накладна, размѣры невязки, обведеніе тушью, смываніе, раздѣлка, надписи, подчистки. Накладку плана нужно начинать лишь тогда, когда наклеенная бумага вполне высохнет; толстые сорта рулонной бумаги требуютъ около сутокъ для высыханія. Раньше было уже сказано о порядкѣ накладки; накладка идетъ почти всегда въ той послѣдовательности, въ какой дѣлалась съемка: сперва накладывается окружная межа, магистралей, а затѣмъ подробности. При накладкѣ не нужно качать бумагу карандашемъ, руками или же нижней поверхностью транспортира, угольника или линейки, а потому какъ руки, такъ и инструменты должны быть чисты; нужно вообще стараться, чтобы пришлось поменьше потомъ чистить бумагу передъ ея окраской, такъ какъ тогда надежнѣе краска ляжетъ ровнымъ слоємъ. Планъ располагается по срединѣ листа бумаги.

Укажемъ здѣсь размѣры допускаемой невязки при накладкѣ многоугольника, снятаго тѣмъ или другимъ приборомъ. При съемкѣ одной дѣпью допустима невязка не болѣе $\frac{1}{50}$ периметра многоугольника, при съемкѣ циркулемъ—тоже $\frac{1}{50}$ периметра, при съемкѣ буссолью—не болѣе $\frac{1}{100}$ периметра и при съемкѣ астролябіей (гоніометромъ)—не болѣе $\frac{1}{200}$ периметра.

Послѣ накладки плана всѣ линіи обводятся тушью: прямыя—по линейкѣ, кривыя правильныя (гладкія)—рейсфедеромъ по лекалу, а кривыя неправильныя—чертежнымъ перомъ отъ руки. Границы, отдѣляющія разныя угодья, напр. лугъ отъ пашни и лѣса, намѣчаются рядомъ мелкихъ точекъ тушью. Вершины угловъ окружной межи, измѣренныхъ угломѣрными инструментомъ, обводятся маленькими, едва замѣтными кружечками. Дома, мосты и вообще возвышенія отбѣиваются тушью снизу и справа: предполагается, что свѣтъ идетъ съ сѣверо-запада; рѣки, дороги и вообще углубленія отбѣиваются сверху и слѣва. Когда все обведено тушью, то карандашъ и загрязненныя мѣста счищаются мягкой резиной; послѣ этого чертеть смывается, т. е. окатывается водой, съ тѣмъ чтобы сошла лишняя тушь, которая можетъ расплзаться при окраскѣ. Если линіи тушью на планѣ проведены тонко, то можно планъ не смывать; но въ такомъ случаѣ отбѣиваніе тушью домовъ, рѣкъ и проч. дѣлается послѣ окраски.

При употребленіи готовой разведенной туши хорошаго сорта можно

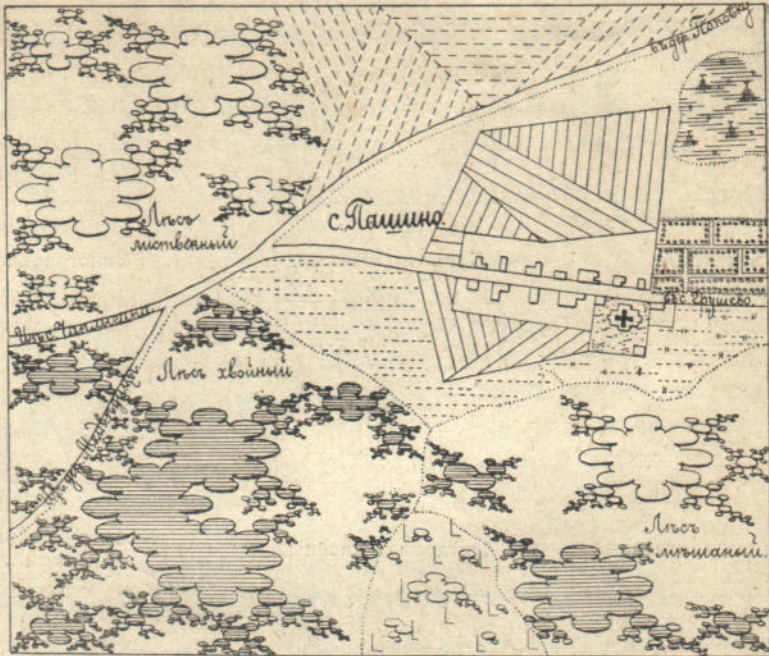
не смывать чертежа, такъ какъ такая тушь при окраскѣ не расплывается. Точно также планъ не смывается, если онъ раздѣляется условными линиями тушью, а не красками.

Условные знаки (главнѣйшіе) для раздѣлки плановъ тушью и способами окраски показаны на чер. 266 и 267 (См. стр. 181 и 182).

Пояснимъ нѣсколько выполнение окраски плановъ. Разведенная краска дающая осадокъ, должна отстояться передъ работой, послѣ чего сливается сверху чистый слой краски въ другое блюдечко и этой краской красятъ. При окраскѣ малыхъ площадей можно вмѣсто переливанія брать краску на кисть, прикасаясь лишь къ поверхности краски: кисть вслѣдствіе возможности вберетъ въ себя краску. Площадь, предназначенную къ окраскѣ, полезно смочить кистью и затѣмъ высушить бѣлой пропускной бумагой или дать подсохнуть, чтобы бумага потеряла блескъ воды и не была вздута. На такой слегка увлажненной бумагѣ краска ложится ровнѣе, такъ какъ она не такъ быстро высыхаетъ; по той же причинѣ легче красить въ сырую погоду, нежели въ сухую и особенно на вѣтру. При окраскѣ большихъ площадей полезно держать доску съ планомъ нѣсколько наклонно, чтобы избѣгнуть неравномернаго застыванія краски мѣстами.

Относительно окраски площади ровнымъ слоемъ замѣтимъ, что окраска начинается съ одного конца съ самага края закрашиваемой площади и безъ перерыва и возвращеній назадъ продолжается до другого конца площади. Площадь продолговатую лучше всего красить въ продольномъ направленіи, начиная съ узкаго конца и, крася во всю ширину, дойти до другого узкаго конца. Краска на кисти должна быть всегда въ избыткѣ, такъ чтобы кистью передвигаемъ по бумагѣ впередъ небольшую лужу краски, которая въ концѣ площади собирается выжатымъ концомъ кисти. Узкія полосы, напр. дороги закрашиваются, передвигая медленно кисть съ краской, начиная отъ одного конца дороги, причемъ закрашивается аккуратно вся ширина полосы, не оставляя нигдѣ бѣлыхъ мѣстъ; движеніе кисти при этомъ не будетъ непрерывное впередъ, придется для аккуратной окраски краевъ волить по одному мѣсту дороги тутъ же нѣсколько разъ, лишь бы не возвращаться назадъ къ тѣмъ мѣстамъ, гдѣ краска уже стала подсыхать.

Ровнымъ слоемъ красятся на планѣ слѣдующія мѣста: пашня—сіенной женой, дугъ—составной краской, смѣсью лазури и гуммигута: берутъ каждой изъ этихъ красокъ столько, чтобы получился нужный намъ цвѣтъ—зеленый съ желтоватымъ оттѣнкомъ; далѣе—перелогъ красится карминомъ (слабымъ, т. е. жидкимъ слоемъ), выгонъ—нейтральнымъ (слабымъ слоемъ), дворы—сѣней (слабымъ слоемъ), фонъ подъ виноградникъ и фруктовый садъ—гуммигутомъ (густымъ слоемъ). Нѣкоторыя краски, напр. нейтральнѣе, трудно ложатся ровнымъ слоемъ, особенно—если сразу красить густо; тогда слѣдуетъ краску сильно разбавить водой,—закрасить разъ, а когда подсохнетъ, закрасить той же краской еще разъ или болѣе—до полученія требуемой густоты.



Чер. 267.

Рѣка раздѣляется слѣдующимъ образомъ: сперва кладется темный узкій слой краски вдоль тѣневого берега рѣки; ширина слоя—отъ $\frac{1}{2}$ миллиметра до 1 миллим. въ зависимости отъ ширины рѣки; по всей длинѣ рѣки ширина слоя одинакова. Когда этотъ слой высохнетъ, кладемъ слѣдующій слой, но не рядомъ, а покрывая всю полоску перваго слоя и захватывая еще такую же полоску бѣлой бумаги. Слѣдующій слой покрываетъ оба предыдущіе слоя и захватываетъ еще полосу бѣлой бумаги. Краски разводится сперва немного, а затѣмъ постепенно подбавляемъ воды, чтобы слои становились свѣтлѣе. Слои должны слѣдовать точно изгибамъ берега. Къ срединѣ рѣки слои могутъ быть немного шире, чѣмъ у берега. Положивъ слои 4, когда краска уже довольно свѣтла, начинаемъ класть одновременно слои той же свѣтлой краской у втораго берега рѣки. Послѣдніе слои, къ срединѣ рѣки, берутся совсѣмъ жидкіе, а середина рѣки остается бѣлой. Чтобы слои выходили съ ровными краями безъ зазубринъ, нужно повернуть планъ такъ, чтобы къ срединѣ рѣки былъ обращенъ конецъ кисти, а не бородка, такъ какъ концомъ кисти будетъ ровнѣе очерченъ край слоя со стороны середины рѣки. Нужно замѣтить, что рѣка по длинѣ нѣсколько выводится за границы участковъ (около $\frac{1}{2}$ ").

Что касается раздѣлки лѣса, то болѣе или менѣе красивая накладка группъ и оттѣненій зависитъ отъ навыка и вкуса. Фонъ для лѣса дѣлается той же краской, что и лѣсъ, но очень жидкой. Фонъ обыкновенно кладется до накладки группъ лѣса, такъ какъ тогда, при накладкѣ группъ, легко по-

побратъ надлежащую густоту краски. Но можно фонъ класть и послѣ накладки группъ; въ такомъ случаѣ закрашиванье жидкой краской сглаживаетъ нѣкоторыя шероховатости, могущія встрѣтиться въ окраскѣ группъ лѣса. При раздѣлкѣ лѣса нужно избѣгать однообразнаго расположенія группъ; рядомъ съ мѣстами, заполненными большими группами и мелочью, должны быть поляны. Маленькія группы и мелочь не должны быть разбросаны отдѣльно и самостоятельно, а все должны быть въ связи съ большими группами, прикасаясь одна къ другой.

Когда окраска лѣса подсохнетъ, то онъ отгѣняется той же краской, но густой, обыкновеннымъ перомъ, причемъ и группы и мелочь отгѣняются только снизу; можно отгѣнять и тушью, но не густой черной, а разведенной водой такъ, что она имѣетъ рыжеватый отгѣнокъ.

Лѣсъ хвойный красится жженой сіенной, лиственный—смѣсью гуммигута съ лазурью, мѣшанный—сеіей. Величина группъ зависитъ отъ роста лѣса: чѣмъ деревья больше, тѣмъ группы крупнѣе.

Въ послѣднее время въ нѣкоторыхъ вѣдомствахъ для упрощенія работы по раздѣлкѣ плановъ стали лѣса красить сплошной краской, оставивъ группы лишь для изображенія кустарника.

Садъ фруктовый раздѣляется по желтому фону густой французской или иной зелены (заливается) мелкими соприкасающимися густыми группами съ оставленіемъ внутри сада полянъ; отгѣняется онъ черной тушью острымъ чертежнымъ перомъ. За неимѣніемъ готовой зелени можно составлять въ крайнемъ случаѣ зеленую краску изъ гуммигута съ лазурью.

Огороды закрашиваются полосами лазурью или же смѣсью лазури съ небольшимъ добавленіемъ гуммигута; за каждой закрашенной полосой оставляется узенькая полоска бѣлой бумаги. На закрашенныхъ полосахъ по краямъ дѣлается снизу и справа отгѣненіе той же краской густой или же тушью, разведенной, какъ и для отгѣненія лѣса. Для правильности очертанія полосъ полезно разграфить ихъ раньше карандашомъ.

Каменные дома и мосты закрашиваются довольно густымъ карминомъ и отгѣняются карминомъ еще гуще: карминъ для отгѣненія кладется не за домомъ, а по краскѣ дома вдоль двухъ сторонъ его—снизу и справа.

Дома и мосты деревянные закрашиваются густо гуммигутомъ и отгѣняются сурникомъ. Надворныя постройки (сарай и проч.) заливаются тушью.

Шоссейныя дороги закрашиваются очень жидкимъ карминомъ, канавки вдоль шоссе—жидкой лазурью (можно съ добавленіемъ гуммигута), полоса отчужденія—нейтральнымъ (какъ выгонъ). Грунтовыя дороги красятся и отгѣняются сеіей; нужно избѣгать красить густой сеіей, такъ какъ она имѣетъ грязный видъ. Линія желѣзной дороги красится густой лазурью.

Кладбище закрашивается жидкой лазурью; на немъ ставятся кресты тушью.

Виноградникъ раздѣляется по желтому густому фону французской зелены; сперва на фонѣ проводимъ тушью тонкія короткія линіи вертикально сверху внизъ рейсфедеромъ по угольнику, подвигая угольникъ по

линейкѣ; линіи эти располагаемъ въ шахматномъ порядкѣ; затѣмъ какъ бы обвиваемъ ихъ зеленой извилистой полосой, проводимой обыкновеннымъ перомъ (лучше—старымъ притупившимся перомъ).

Границы участка (владѣнія) обводятся снаружи яркими красками, обозначающими чужія владѣнія: карминомъ, зеленью, гуммигутомъ, лазурью и притомъ нѣсколько гуще внутренней окраски плана. Краска по границѣ должна быть по возможности иного цвѣта, нежели смежная краска внутри участка. Полоска вдоль границы должна имѣть параллельные края; для этого можемъ сперва намѣтить ширину полоски слегка карандашомъ и затѣмъ закрасить кистью. Ширина полоски (отъ 1 до 3-хъ миллим.) зависитъ отъ размѣровъ плана; большіе планы обводятся болѣе широкой полосой. Если ходовая линія служить лишь магистралью для съѣмки границы, то полоска краски кладется не по ходовой линіи, а вдоль дѣйствительной границы. Дороги, т. е. выходящія за границу концы ихъ, пересѣкаются этими полосками краски, а при встрѣчѣ съ рѣками полоски краски загибаются вдоль берега рѣки.

Надписи. Всѣ надписи на планахъ дѣлаются обыкновенно передъ покраской ихъ. Надписи угловъ дѣлаются въ самихъ углахъ; при этомъ внутренніе углы большіе 180° -ти не надписываются на планѣ, а вмѣсто нихъ надписываются углы наружные, дополнительные до 360° , такъ наз. астролябическіе; иногда если угловъ много, а масштабъ мелкій, углы выносятся въ особую таблицу. Въ этомъ случаѣ около угловъ границъ плана съ внѣшней стороны его ставятся только порядковые номера, подъ которыми значатся соотвѣтствующіе углы въ указанной особой таблицѣ. Вообще, всѣ надписи на планахъ должны быть возможно отчетливѣе, для чего онѣ дѣлаются или печатными шрифтами или особо—ясными рукописными (рондо, курсивъ). Вмѣстѣ съ тѣмъ надписи должны быть такъ располагаемы, чтобы онѣ возможно меньше затемняли контуры плана. Надписи (напр.: названія селъ, длина линій, величина угловъ...) дѣлаются горизонтально, исключая надписей рѣкъ и дорогъ, которыя дѣлаются по направленію ихъ на самихъ полосахъ тѣхъ и другихъ; надписи узкихъ дорогъ и ручьевъ дѣлаются наверху ихъ рядомъ съ ихъ направленіемъ. По направленію теченія воды ставится стрѣлка на рѣкѣ, или же рядомъ съ ней, напр., если имѣемъ узкій ручей. Дороги надписываются на концахъ ихъ у границъ изображеннаго на планѣ участка, именно: на дѣвомъ, т. е. западномъ концѣ пишется, откуда идетъ дорога, напр.: „Изъ гор. Екатеринослава“, а на правомъ, восточномъ концѣ,—куда ведетъ, напр.: „въ гор. Никополь“. Такимъ образомъ направленіе дороги считается съ запада на востокъ, съ сѣверо-запада на юго-востокъ и съ юго-запада на сѣверо-востокъ. Дороги протягиваются нѣсколько за границу плана около $\frac{1}{2}$ ". Надписи румбовъ и длины линій окружной межи дѣлаются за границами участка на нѣкоторомъ разстояніи отъ сторонъ его и притомъ приблизительно противъ середины сторонъ; длина линіи пишется подъ величиной румба ея, и эти надписи раздѣляются тонкой горизонтальной чертой тушью, напр.:

СВ: 15° 45'
48,5. На верху листа бумаги приблизительно во всю ширину его дѣлается надпись, объясняющая подробно содержаніе плана, время его составленія и проч., причемъ слово „Планъ“ можно дѣлать для красоты каллиграфически наверху въ отдѣльной строчкѣ противъ середины листа. Напримѣръ, если составляется планъ частнаго владѣнія, то надпись можно дѣлать слѣдующимъ образомъ:

П Л А Н Ъ

Участка земли, расположеннаго въ предѣлахъ дачи города Балаклавы Севастопольскаго Градоначальства и принадлежащаго балаклавскому жителю Дмитрію Θεодоровичу Васильеву, общимъ пространствомъ двадцать семь десятинъ одна тысяча триста кв. саж. (27 дес. 1300 кв. саж.): въ томъ числѣ подъ винограднымъ садомъ десять десятинъ восемьсотъ кв. саж. (10 дес. 800 кв. саж.), подъ пашней пятнадцать десятинъ двѣ тысячи кв. саж. (15 дес. 2000 кв. саж.), подъ сѣнокосомъ одна десятина двѣсти пятьдесятъ кв. саж. (1 дес. 250 кв. саж.), подъ дворомъ и постройками 500 кв. саж. и подъ дорогами и теченіемъ ручья безымяннаго 150 кв. саж. Планъ сей съ натуры составлялъ Ялтинскій городской землемѣръ Сергѣй Петровичъ Михайловъ 15-го августа 1912 года. Румбы линій на планѣ современные магнитные (или же: „Линіи нанесены по истинному меридіану“).

Если на планѣ требуется помѣстить болѣе подробное перечисленіе разныхъ площадей и частей ихъ, то дѣлается отдѣльная разграфленная экспликація—обыкновенно на правой сторонѣ листа.

Тогда на лѣвой сторонѣ листа дѣлается описаніе смежныхъ земель участка. Для этого кругомъ плана у границъ его по часовой стрѣлкѣ надписываются прописныя буквы А, Б, В... въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ кончается граница одного сосѣда и начинается граница другого; въ этихъ же мѣстахъ отъ границъ нашего участка отходятъ короткія (около $\frac{3}{4}$ ") линіи тушью, указывающія направленіе межи, отдѣляющей земли упомянутыхъ двухъ сосѣдей. Вдоль этихъ короткихъ линій загибаются полоски краски, которыя кладутся вдоль границъ нашего участка. По буквамъ А, Б, В и т. д. и описываются смежныя земли, наприм., слѣдующимъ образомъ:

О п и с а н і е с м е ж н ы хъ з е м е л ь

- | | | |
|------------|---|---|
| Отъ А до Б | — | участокъ маіора Петра Георгіева. |
| „ Б „ В | — | участокъ Михаила Степанова. |
| „ В „ Г | — | общественная земля города Балаклавы. |
| „ Г „ А | — | шоссейная дорога изъ гор. Севастополя въ гор. Ялту, а за ней земля Ивана Максимова. |

Внизу плана чертится и надписывается поперечный масштабъ. Подпись лица, составлявшаго планъ, обыкновенно помѣщается у праваго нижняго угла листа.

Кругомъ плана по краямъ листа дѣлается простая рамка тушью.

Подчистки. Въ случаѣ надобности въ подчисткѣ на закрашенныхъ уже планахъ, онѣ дѣлаются резинкой для туши. Чтобы при подчисткѣ не портить сосѣднихъ закрашенныхъ мѣстъ, вырѣзаемъ изъ бумаги окошко такой величины и формы, какую желаемъ сдѣлать подчистку, и накладываемъ на подчищаемое мѣсто, напр. на пятно. Если полученное подчисткой бѣлое мѣсто должно быть закрашено прежней краской, сравнено съ окружающей окраской, то нужно брать понемногу краски на выжатый кончикъ кисти и постепенно закрашивать, растирая краску и заботясь, чтобъ не образовалось затековъ на окружающей краскѣ. Но можно бѣлыя пятна надежно за дѣлывать чертежнымъ острымъ перомъ, ретушировать; для этого дѣлаютъ краской перомъ мелкіе штрихи одинъ возлѣ другого по всей исправляемой площади, растирая ихъ нѣсколько едва влажнымъ концомъ кисти. При подчисткѣ окраски нужно избѣгать употребленія ножа, какъ портящаго бумагу; линіи, проведенныя тушью, и цифры, въ которыхъ нужно сдѣлать небольшія поправки, подчищаютъ остриемъ ножа и затѣмъ немного сглаживаютъ резиной.

§ 101. Копированіе плановъ. При копированіи плановъ употребляются слѣдующіе приемы.

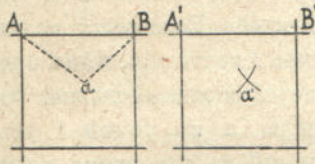
1) Если планъ не содержитъ много подробностей, то онъ перекалывается копировальной иглой (наколкой) на другую бумагу, которая подкладывается подъ планъ.

2) Если планъ копируется на кальку, то калька прикрѣпляется къ плану кнопками, затѣмъ контуры обводятся на калькѣ сразу тушью по просвѣчивающимъ линіямъ.

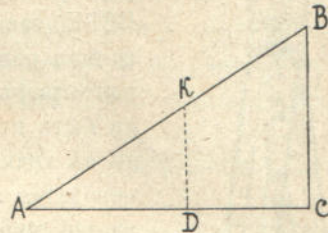
3) Если данъ для копировки на бумагу большой и сложный планъ (не истрепанный), то его разбиваемъ карандашемъ на малые квадраты рядомъ параллельныхъ линій; наносимъ на новую бумагу сперва эту сѣть квадратовъ, а затѣмъ перечерчиваемъ подробности внутри каждаго квадрата отдѣльно. Для этого перенесемъ сперва на новую бумагу всѣ точки на сторонахъ квадратовъ, а затѣмъ точки внутри ихъ: положеніе точекъ внутри квадратовъ опредѣляется разстояніемъ ихъ отъ двухъ вершинъ квадратовъ — или отъ другихъ точекъ на сторонахъ ихъ. Такія же разстоянія откладываются на новой бумагѣ. Напримѣръ, если точка a (чер. 268) опредѣляется двумя разстояніями Aa и Ba , то для построенія ея на новомъ планѣ описываемъ изъ соответствующихъ точекъ A' и B' дуги радіусами Aa и Ba ; въ пересѣченіи дугъ получимъ искомую точку a' .

До сихъ поръ мы говорили о копировкѣ плановъ безъ измѣненія масштаба. Но послѣдній приемъ пригоденъ и для копировки съ измѣненіемъ масштаба. Для этого измѣняются прежде всего размѣры квадратныхъ клѣтокъ на новой бумагѣ въ требуемое число разъ. Затѣмъ подробности

копируются, какъ показано выше, но только каждый разъ взятое циркулемъ по масштабу со стараго плана разстояніе измѣняется согласно съ измѣненіемъ масштаба. Это увеличеніе или уменьшеніе длинъ линій можно дѣлать еще графически (безъ вычисленія, т. е. безъ опредѣленія длины линій въ саженьяхъ). Для этого построимъ прямой уголъ ACB (чер. 269) на



Чер. 268.

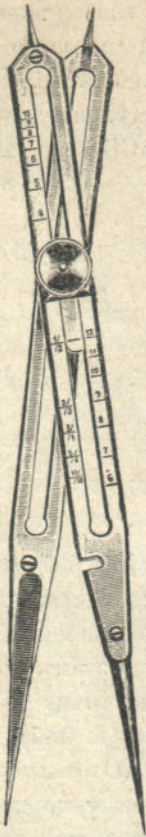


Чер. 269.

кѣтчатой (масштабной) бумагѣ. Отложимъ на одной его сторонѣ произвольную, но достаточную длину AC , взятую какъ бы со стараго плана; опредѣливъ по масштабу стараго плана число сажень въ ней, возьмемъ то же число сажень по новому масштабу и отложимъ полученную этимъ путемъ длину CB на перпендикулярѣ къ AC . Соединимъ затѣмъ точку A съ B . Если мы теперь возьмемъ циркулемъ со стараго плана какую либо длину, то не будемъ опредѣлять ея въ саженьяхъ, а отложимъ на AC отъ точки A ; пусть она заняла положеніе AD . Тогда поставимъ одну ножку циркуля въ точку D , а другую на прямую AB по вертикали DK , проходящей черезъ точку D ; длина DK будетъ на новомъ планѣ соотвѣтствовать длинѣ AD стараго плана, такъ какъ DK во столько же разъ меньше или больше AD , во сколько разъ CB больше или меньше AC (это слѣдуетъ изъ подобія треугольниковъ ACB и ADK). Такимъ образомъ можемъ перенести и другія линіи.

Вмѣсто построенія треугольника ACB можно линіи уменьшать или увеличивать съ помощью такъ называем. пропорціональнаго циркуля (чер. 270), въ которомъ длина ножекъ по ту и другую сторону отъ оси вращенія можетъ быть измѣнена и можетъ быть установлена такъ, чтобы разстоянія между концами ножекъ съ одной стороны были уменьшены сравнительно съ другой стороной въ требуемомъ отношеніи.

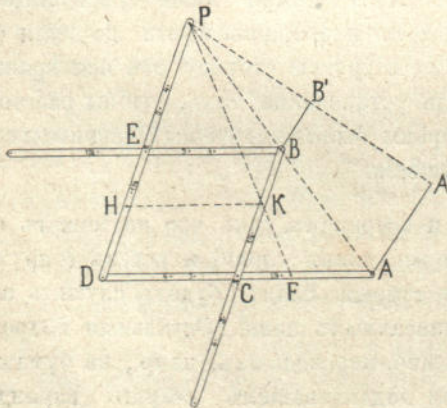
4) Если старый планъ измятъ и истрепанъ, такъ что не можетъ быть выпрямленъ, какъ слѣдуетъ, надписи же длинъ линій и угловъ (окружной межи и магистралей) сохранились, то старый планъ будетъ служить абрисомъ для накладки наново всѣхъ надписанныхъ линій. Остальныя подробности придется перечертить приблизительно, переводя ихъ, напр., на бумажную кальку, а затѣмъ съ кальки скалывая надавливаніемъ остраго карандаша на новую бумагу.



Чер. 270.

§ 102. **Пантографъ.** Его описаніе и употребленіе. Для болѣе быстрого копирования плановъ, особенно съ измѣненіемъ масштаба, употребляется приборъ, называемый пантографомъ. Главныя его части — четыре линейки (чер. 271), соединенныя шарнирами попарно параллельныя, именно $PD \parallel BC$ и $AD \parallel BE$; онѣ образуютъ при своемъ пересѣченіи параллелограммъ $BCDE$, такъ что $BE = CD$ и $BC = ED$. Точка P , называемая полюсомъ, укрѣпляется неподвижно; около нея пантографъ можетъ вращаться. Если копія плана должна быть въ болѣе крупномъ масштабѣ, чѣмъ оригиналъ, то въ точкѣ B помѣщается обводный шпиль, которымъ обводятся линіи оригинала, а въ точкѣ A устанавливается карандашъ, который въ это время чертитъ соответственныя линіи копіи; если же копія должна быть меньше оригинала, то обводный шпиль ставится въ точкѣ A , а карандашъ въ точкѣ B . Для полученія требуемаго увеличенія или уменьшенія плана выбираемъ мѣсто шарнира E на линейкѣ PD и шарнира C на линейкѣ AD такъ, чтобъ $\frac{PE}{PD} = \frac{CD}{AD}$, причѣмъ отношенія эти должны быть равны требуемому отношенію между линіями копіи и оригинала: тогда пантографъ готовъ для обвода фигуры, и точки A и B опишутъ подобные многоугольники. Дѣйствительно $CD = BE$, $\angle PEB = \angle PDA$; поэтому треугольники PBE и PAD

подобны, а въ такомъ случаѣ точки P , B и A лежатъ на одной прямой, причѣмъ $\frac{PB}{PA} = \frac{PE}{PD}$. Такъ какъ во время движенія пантографа при всѣхъ положеніяхъ его линеекъ сохраняется та же пропорція $\frac{PE}{PD} = \frac{BE}{AD}$, то точки P , B



Чер. 271.

и A будутъ, все время образовать прямую линію, и отношеніе $\frac{PB}{PA}$ будетъ оставаться неизмѣннымъ, хотя линіи эти по величинѣ будутъ мѣняться; напримѣръ, если точки A и B опишутъ линіи AA' и BB' , то $\frac{PB}{PA} = \frac{PB'}{PA'}$; а въ такомъ случаѣ $BB' \parallel AA'$ и \triangle -ки PAA' и PBB' , имѣющіе общій уголъ P , будутъ подобны; слѣдовательно $\frac{BB'}{AA'} = \frac{PB}{PA} = \frac{PE}{PD}$, т. е.

отношение длин линий копий и оригинала требуемое; при этом многоугольники, описанные точками А и В, как известно из геометрии, будут подобны.

Легко видеть, что если вместо точек В и А возьмем на линейках пантографа две другие точки К и F, лежащие в начале работы на одной прямой с точкой Р, то во все время движения пантографа эти три точки Р, К и F будут образовывать прямую линию. Действительно, проведя линию $KH \parallel AD$, замечаем, что фигура KCDH будет все время оставаться параллелограммом, а потому к точкам К и F применимо предыдущее рассуждение, относившееся к точкам В и А. Таким образом можем шпиль (или же карандаш) укрепить в любой подходящей точке линейки ВС.

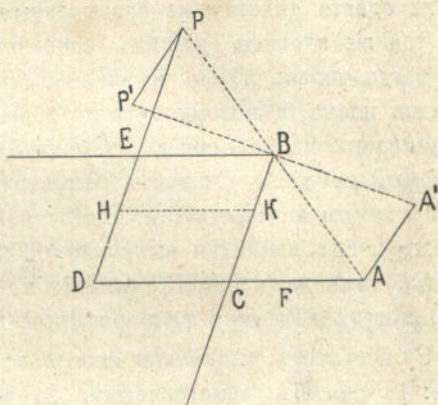
Часто пантографъ устраивается такъ, что полюсъ помещается въ точкѣ В, а обводный шпиль и карандашъ—въ точкахъ Р и А (чер. 272); въ такомъ случаѣ требуемое отношеніе между линиями копій и оригинала будетъ равно отношенію $\frac{PE}{BC}$ или

$\frac{PE}{ED}$; оно же равно отношенію

$\frac{BE}{AC}$ или $\frac{CD}{AC}$. Такъ какъ \triangle -ки РВЕ и ВАС будутъ подобны во все время движенія пантографа, то по предыдущему находимъ, что точки Р и А будутъ перемѣщаться параллельно одна другой и опишутъ подобные многоугольники; наприм. $PP_1 \parallel AA_1$ и $\frac{PP_1}{AA_1} = \frac{PB}{BA} = \frac{PE}{ED}$.

Мы можемъ и здѣсь подобно предыдущему взять полюсъ не въ точкѣ В пересѣченія линеекъ, а въ какой либо точкѣ К, лишь бы отношеніе $\frac{PK}{KC}$ было равно требуемому (здѣсь $KH \parallel BE$).

При работѣ пантографомъ оригиналъ плана и бумага для копій должны быть гладко натянуты на горизонтальной доскѣ. Ради ускоренія установки прибора при работѣ для разныхъ измѣненій масштаба на линейкахъ его нанесены въ соответственныхъ мѣстахъ цифры уменьшенія либо увеличенія плана; одинаковыя цифры 2 и 2, 3 и 3 и т. д. (чер. 271) показываютъ мѣста соединенія линеекъ для увеличенія плана вдвое, втрое и т. д., если карандашъ будетъ въ точкѣ А, а обводный шпиль въ точкѣ В; если же карандашъ будетъ въ точкѣ В, а шпиль въ точкѣ А, то эти цифры покажутъ уменьшеніе плана вдвое, втрое и т. д. Для облегченія движенія пантографа по бумагѣ онъ устраивается либо на колесикахъ, либо подвѣшивается съ помощью особой стойки.



Чер. 272.

Глава Ю. Вычисленіе площадей плановъ.

§ 103. Общія замѣчанія, касающіяся вычисленія площадей.

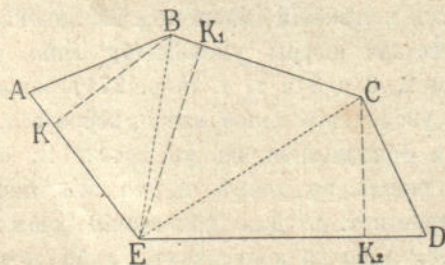
Вычисленіе площадей снятыхъ на планъ частей земной поверхности составляетъ важную часть работы, слѣдующей за съемкой. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ сама съемка дѣлается главнымъ образомъ для опредѣленія площадей участковъ земли. Поэтому вычисленіе площади снятаго участка должно быть сдѣлано съ полнымъ вниманіемъ, со всѣми предосторожностями во избѣжаніе ошибокъ; нужно между прочимъ руководствоваться правиломъ: не оставлять ни одного дѣйствія не провѣреннымъ; повѣркой служить вторичное вычисленіе той же площади другимъ способомъ. Понятно, что площадь можетъ быть тогда только вѣрно вычислена, когда вѣрно произведена съемка и накладка плана, а потому нужно добросовѣстно относиться къ получаемой при накладкѣ плана невязкѣ, т. е. въ случаѣ невязки, превосходящей допускаемый предѣлъ, слѣдуетъ разыскать ошибку въ накладкѣ плана или же въ съемкѣ на мѣстности. Вычисленіе площади по плану дѣлается сейчасъ же послѣ накладки вычисляемой фигуры, до смыванія или окраски чертежа, такъ какъ послѣ смыванія или окраски бумага, а слѣдовательно и планъ могутъ измѣнить свои размѣры въ нѣкоторыхъ частяхъ.

Существуетъ нѣсколько способовъ вычисленія площадей: мы рассмотримъ: 1) способъ геометрической, 2) изъ непосредственныхъ измѣреній на мѣстности—для простыхъ фигуръ, 3) палеткой, 4) планиметромъ и 5) по координатамъ вершинъ многоугольника.

§ 104. Геометрической способъ вычисленія площадей плановъ.

Въ этомъ способѣ поступаютъ двояко: 1) наложенная на планъ фигура разбивается карандашемъ на болѣе простыя части, именно на треугольники, трапеціи—рѣдко на фигуры другой формы, или же—2) фигура, представляющая многоугольникъ, превращается въ равновеликій треугольникъ. Затѣмъ площади полученныхъ треугольниковъ и трапецій вычисляются на основаніи слѣдующихъ теоремъ геометріи: а) площадь треугольника равна половинѣ произведенія основанія его на высоту, б) площадь трапеціи равна полусуммѣ параллельныхъ сторонъ ея, помноженной на высоту.

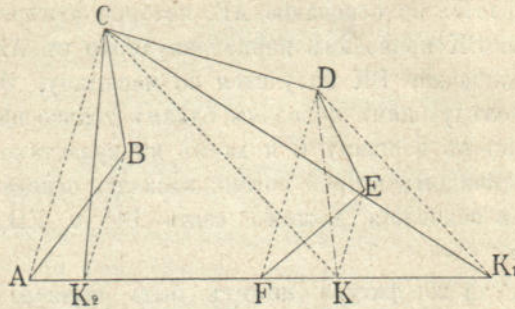
1) Разсмотримъ вычисленіе площади разбивкой фигуры на треугольники или трапеціи. Положимъ, нужно опредѣлить площадь участка, котораго



Чер. 273.

окружная межа изображается на планѣ многоугольникомъ ABCDE (чер. 273). Разбиваемъ его на Δ -ки ABE, BCE и ECD такъ, чтобы по возможности ихъ основанія были равны высотамъ, такъ какъ это наивыгоднѣйшая форма для вычисленія площади, т. е. при такой формѣ ошибки въ вычисле-

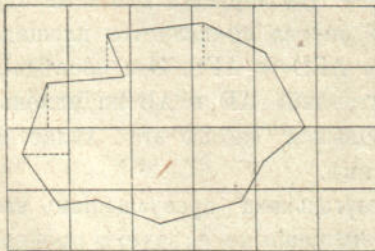
геометрии при решении этой задачи. Например, для превращения многоугольника ABCDEF (чер. 276) в Δ -никъ прикладываемъ чертежъ



Чер. 276.

угольникъ одной стороной къ точкамъ D и F; затѣмъ передвигаемъ его съ помощью линейки параллельно самому себѣ до точки E и замѣчаемъ карандашомъ или копировальной иглой точку K пересѣченія края угольника съ продолженіемъ линіи AF; самихъ же линій FD и EK нѣтъ надобности чертить во избѣжаніе усложненія чертежа и для сокращенія времени. Такимъ образомъ мы замѣнимъ ломанную DEF прямой DK, которую тоже не будемъ чертить. Затѣмъ прикладываемъ край угольника по линіи СК. Замѣтимъ, что если при обозначеніи точки K иглой воткнуть иглу въ эту точку, то угольникъ можно повернуть около иглы до совпаденія его края съ точкой C, а слѣдовательно и съ линіей СК. Потомъ вынимаемъ иглу и передвигаемъ угольникъ параллельно самому себѣ до точки D и замѣчаемъ точку пересѣченія края угольника съ продолженіемъ линіи AF, именно точку K₁. Затѣмъ преобразуемъ лѣвую часть многоугольника; прикладываемъ угольникъ по линіи СА и передвигаемъ его подобно предыдущему до точки В и замѣчаемъ точку пересѣченія K₂ края угольника съ линіей AF; Δ -никъ СК₁K₂—искомый; остается измѣрять по масштабу его основаніе и высоту. Замѣтимъ, что за вершину искомага Δ -ка желательно взять самую высшую на чертежѣ вершину многоугольника. Способъ превращенія фигуры въ Δ -никъ даетъ при вычисленіи площади результаты одинаково точные со способомъ разбивки на треугольники и трапеци, времени же требуетъ гораздо меньше.

Въ заключеніе изложенія геометрическаго способа вычисленія площадей плановъ укажемъ еще слѣдующее: если бумага, на которую накладывается планъ, разбита на квадраты, напр. масштабная бумага, то очень



Чер. 277.

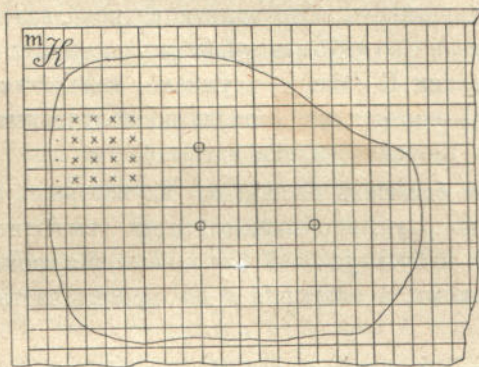
удобно можемъ сдѣлать вычисленіе площади, сосчитавъ сперва число полныхъ квадратовъ, занятыхъ площадью; части квадратовъ по краямъ фигуры измѣримъ разбивъ ихъ (чер. 277) на Δ -ки и трапеци линіями, паралл-ми сторонамъ квадратовъ.

Для вычисленія площадей, занятыхъ дорогами, рѣками, каналами, беремъ по плану длину ихъ и множимъ на среднюю ширину

§ 105. Вычисленіе площади по непосредственнымъ измѣреніямъ на землѣ. Если линіи, служащія для вычисленія площадей \triangle -ковъ и трапецій, были измѣрены на мѣстности при съемкѣ, то площади могутъ быть вычислены по этимъ линіямъ точнѣе, нежели по линіямъ, измѣреннымъ на планѣ по масштабу. Способъ вычисленія площади по непосредственнымъ измѣреніямъ линіи на мѣстности особенно пригоденъ, если фигура представляетъ четырехугольникъ: тогда основанія и высоты \triangle -ковъ измѣримъ на мѣстности; но можно поступить иначе, именно измѣрить стороны 4-угольника и его діагональ; тогда будемъ знать всѣ стороны треугольниковъ, получающихся при разбикѣ 4-угольника діагоналю: площади же \triangle -ковъ по тремъ сторонамъ вычислятся по формулѣ $S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$, гдѣ a, b, c —стороны \triangle -ка, а p —его полупериметръ.

Изложенный способъ пригоденъ при небольшихъ, несложныхъ фигурахъ. Для вычисленія же площадей, большихъ и сложныхъ участковъ употребляется изложенный въ дальнѣйшемъ способъ координатъ, въ которомъ площадь опредѣляется тоже на основаніи непосредственныхъ измѣреній на мѣстности, только самое вычисленіе сложнѣе.

§ 106. Вычисленіе площадей помощью палетки. Палетка (чер. 278) есть роговая прозрачная пластинка, на которой прочерченъ прямоуголь-



Чер. 278.

никъ, размѣромъ обыкновенно $6'' \times 4''$; каждая сторона прямоугольника раздѣлена на 10 равныхъ частей; части эти на длинной сторонѣ палетки будутъ равны каждая $0,6''$, на короткой— $0,4''$. Черезъ точки дѣленій сторонъ проведены линіи, параллельныя краямъ прямоугольника; такимъ образомъ площадь палетки раздѣлится на 10 равныхъ прямоугольниковъ K размѣромъ $0,6'' \times 0,4''$. Каждый такой прямоугольникъ раздѣленъ на квадратики слѣдующимъ образомъ: сторона прямоугольника въ $0,6''$ раздѣлена на 6 равныхъ частей, а сторона въ $0,4''$ —на 4 части, и черезъ точки дѣленія проведены линіи, параллельныя сторонамъ этихъ прямоугольниковъ; тогда каждый изъ прямоугольниковъ K раздѣлится на 24 квадратика m , которыхъ стороны равны $0,1''$.

Если взять масштаб 100 с. въ 1"; то площадь всей палетки, состоящей из 24 квадр. дюйма, будетъ соответствовать 240000 кв. саженямъ, т. е. 100 десятинамъ на мѣстности (такъ какъ 1 квадрат. дюймъ будетъ въ 100×100=10000 кв. саж.). Прямоугольники К, обведенные на палеткѣ толстыми чертами, будутъ равны каждый 1 десятинѣ, такъ какъ стороны ихъ будутъ въ 100 саж.; наконецъ квадратики m, которыхъ помѣщено въ каждомъ прямоугольникѣ 24, будутъ содержать 1 десятину раздѣляя каждый на 24 или 100 квадрат. саж.

При другомъ масштабѣ значенія дѣленій палетки будутъ другія; при масштабѣ 50 с. въ 1" площадь всей палетки равна 25 дес., площадь прямоугольника К равна $\frac{1}{4}$ дес. и наконецъ площадь наименьшаго квадратики m равна 25 кв. с. Мы видимъ, что всѣ дѣленія здѣсь уменьшены въ 4 раза. При масштабѣ 25 с. въ 1" эти числа уменьшатся въ 4 раза. При масштабѣ 10 саж. въ 1" площадь всей палетки будетъ равна 1 десятинѣ, площадь прямоугольника К—24 кв. саженямъ, а площадь квадратиковъ m—1 кв. саж.

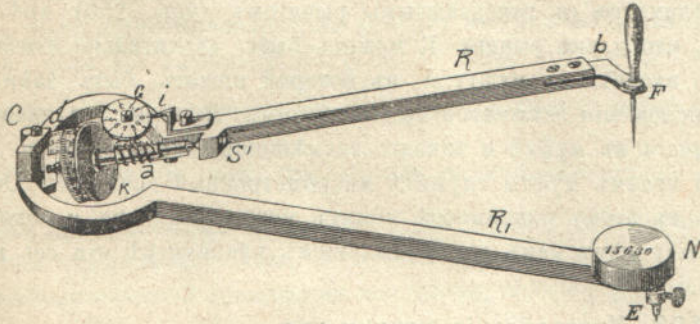
Пользуются палеткой слѣдующимъ образомъ. Накладываютъ ее на планъ, совмѣщая одну изъ параллельныхъ ея линий съ наиболѣе длинной стороной подлежащей вычисленію фигуры и считаютъ, сколько въ этой фигурѣ содержится полныхъ прямоугольниковъ К и затѣмъ квадратиковъ m; наконецъ части квадратиковъ подсчитываются приблизительно (десятыми частями). При подсчитываніи во избѣжаніе ошибокъ части палетки мѣтятся на планѣ: прямоугольники К напр.—кружками, квадратики m—крестиками, а части квадратиковъ—черточками. Затѣмъ по полученнымъ числамъ определяется площадь въ зависимости отъ масштаба.

При измѣреніи большихъ площадей, на которыхъ палетка могла бы уложиться нѣсколько разъ, необходимо сперва выдѣлить изъ плана основную площадь какой нибудь удобной для вычисленія геометрической фигурой, напр. прямоугольникомъ, а остающіяся по краямъ части вычислить при помощи палетки.

§ 107. Описаніе планиметра Амслера. Планиметръ (измѣритель площадей) есть приборъ, служащій для полученія площади плана механически. Разсмотримъ сперва планиметръ Амслера, называемый полярнымъ (т. е. вращающимся около одной точки), а затѣмъ—усовершенствованный планиметръ Коруди.

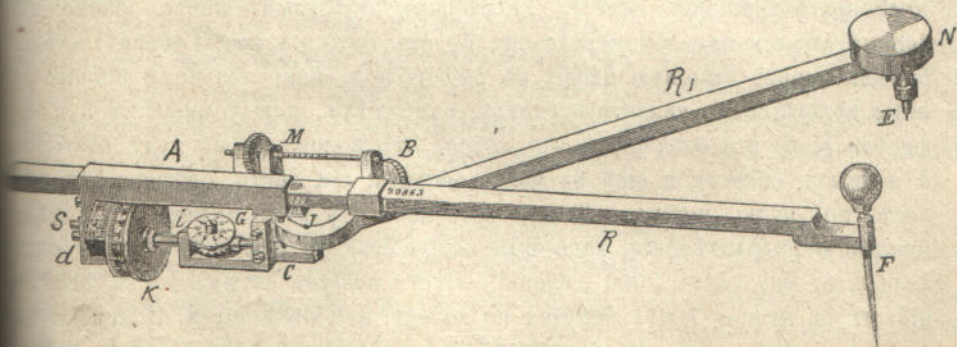
Планиметръ Амслера бываетъ двухъ родовъ: 1) съ постояннымъ рычагомъ и 2) съ передвижнымъ рычагомъ. Первый планиметръ (чер. 279) имѣетъ слѣдующій видъ. Онъ состоитъ изъ двухъ рычаговъ R и R₁, соединенныхъ осью вращенія С. Рычаги возлѣ ихъ оси вращенія изогнуты дугами, чтобы между ними могло помѣститься колесо k; колесо это вращается на оси, концы которой поддерживаются въ гнѣздахъ, сдѣланныхъ въ рычагѣ R. На концѣ того же рычага R имѣется шпиль F, называемый, какъ и рычагъ R, обводнымъ и служащій для обведенія измѣряемой площади по

окружной межѣ; на концѣ другого рычага имѣется остріе E , втыкаемое въ бумагу; около этого острія, называемаго полюсомъ, вращается рычагъ R_1 , называемый полюснымъ. При обведеніи фигуры обводнымъ шпилемъ колесо



Чер. 279.

катится и скользитъ по бумагѣ своимъ ободкомъ, имѣющимъ выщуклую форму. На той же оси, на которой сидитъ колесо, имѣется такъ называемый безконечный винтъ a , приводящій въ движеніе шестерню; на оси этой шестерни вверху укрѣпленъ циферблатъ G съ 10 черточками съ цифрами отъ 0 до 9. При полномъ оборотѣ колеса k планиметра циферблатъ повернется на одно дѣленіе. Указатель i возлѣ циферблата служитъ для счета полныхъ оборотовъ колеса k . Окружность колеса раздѣлена на 100 равныхъ частей; возлѣ дѣлений колеса имѣется нониусъ d , прикрѣпленный къ рычагу R ; на нониусѣ имѣется 10 дѣлений, которыя равны 9-ти дѣленіямъ колеса; слѣдовательно нониусъ даетъ десятые доли дѣлений колеса, и такъ какъ одно дѣленіе колеса равно 0,01 окружности его, то съ помощью нониуса мы можемъ отсчитывать тысячные доли окружности колеса. На концѣ рычага R имѣется пластинка b , которая можетъ немного перемѣщаться, если освободить зажимающіе ее винтики; она служитъ для небольшихъ удлиненій и укорачиваній рычага R , а также для установки обводнаго шпиля въ такое положеніе, чтобы плос-



Чер. 280.

кость, проходящая черезъ обводный шпиль и ось вращенія рычаговъ была перпендикулярна къ плоскости колеса (т. е. къ плоскости ободка); для

последней цѣли пластинку b приходится наклонять вправо или влево, смотря въдоль рычага R . На полюсъ планиметра накладывается грузъ не позволяющій полюсу сдвигаться съ мѣста.

Планиметръ съ передвижнымъ рычагомъ (чер. 280) имѣетъ ту особенность, что длина рычага R можетъ быть значительно измѣняема, такъ какъ онъ входитъ въ муфту A , въ которой можетъ быть закрѣпленъ въ любомъ положеніи зажимательнымъ винтомъ B ; для медленнаго передвиженія рычага въ муфту и точнаго совмѣщенія черты рычага съ указателемъ или краемъ муфты служитъ микрометричный винтъ M . Ось вращенія рычаговъ въ этомъ планиметрѣ лежитъ между колесомъ и обводнымъ шпильемъ, между тѣмъ какъ въ предыдущемъ планиметрѣ эта ось находится въ колесомъ.

§ 108. Употребленіе планиметра.

Измѣреніе площади планиметромъ производится слѣдующимъ образомъ:

1) Ставимъ планиметръ на бумагу и выбираемъ положеніе полюса такъ, чтобы можно было удобно обвести всю площадь. Если у насъ планиметръ съ передвижнымъ рычагомъ, то устанавливаемъ предварительно черту рычага на указатель муфты. Далѣе смотримъ, чтобы при обводѣ фигуры рычаги R и R_1 не образовали слишкомъ острыхъ или тупыхъ угловъ, такъ какъ тогда положеніе планиметра на бумагѣ не устойчиво. Если нельзя обвести всю площадь сразу при положеніи полюса внѣ фигуры, то ставимъ полюсъ внутри фигуры. Если же площадь настолько велика, что и теперь не можетъ быть обведена планиметромъ сразу, то разбиваемъ ее на части, которыя обводятся отдѣльно.

Когда положеніе полюса выбрано, втыкаемъ его въ бумагу и накладываемъ на него грузъ. Начальную точку для обвода фигуры выбираемъ въ томъ мѣстѣ окружной межи, въ которомъ вращеніе колеса самое медленное; это дѣлается потому, что если шпиль не станетъ по окончаніи обвода точно на прежнюю точку, то это мало повліяетъ на отсчетъ вслѣдствіе медленнаго вращенія колеса. Установивъ обводный шпиль, записываемъ первый отсчетъ на планиметрѣ; онъ будетъ состоять изъ 4 цифръ; именно—беремъ сперва старшую цифру съ циферблата, показывающую полные обороты колеса; если указатель стоитъ, напримѣръ, между цифрами 3 и 4 циферблата, то это означаетъ, что колесо отъ положенія на нуль отстоятъ на 3 полныхъ оборота и еще на часть оборота; эта часть отдѣливается на шпиль по нулю нониуса. Такъ какъ колесо у насъ имѣетъ 1000 дѣленій (считая и подраздѣленія, даваемые нониусомъ), то цифра 3, взятая съ циферблата, означаетъ 3000 дѣленій. Пусть нониусъ затѣмъ дастъ 718 дѣленій; здѣсь цифры 7 и 1 берутся по колесу, а 8 по нониусу. Полный первый отсчетъ такимъ образомъ будетъ 3718; онъ записывается. Затѣмъ обводимъ измѣряемую фигуру по часовой стрѣлкѣ, пока не придемъ въ исходную точку; тогда такимъ же образомъ записываемъ второй отсчетъ, напр. 7285. Далѣе—а) если полюсъ былъ внѣ фигуры, то изъ второго отсчета вычитаемъ

первый и разность множимъ на особое число p , называемое величиной одного дѣленія планиметра; число это дается при планиметрѣ для соответственнаго масштаба: оно либо вырѣзается на рычагѣ или грузѣ полюса, либо дается внутри коробки планиметра. Для каждого масштаба будетъ свое число, которое можетъ быть легко вычислено по данному его значенію для одного масштаба; напр., если при масштабѣ 100 с. въ 1" дано, что $p=0,05$ десятины $=120$ кв. саж., то при масштабѣ 50 саж. въ 1" p будетъ равно $\frac{120}{4}=30$ кв. саж.; при масштабѣ 25 саж. въ 1" для p получимъ $\frac{30}{4}=7,5$ кв. саж.

Понятно, что при увеличенія масштаба вдвое одна и та же фигура на бумагѣ будетъ соответствовать вдвое меньшимъ линейнымъ размѣрамъ на мѣстности и вчетверо меньшей площади на мѣстности; поэтому p и дѣлится на 4.

Въ нашемъ примѣрѣ при масштабѣ 100 саж. въ 1" получимъ слѣдующее вычисленіе.

второй отсчетъ 7285	$p=0,05$ дес. $= 120$ кв. с.	
первый „ 3718	Площадь $P = 3567 \times 0,05 = 178,35$ дес. $=$	
разность . . . 3567	$= 178$ дес. 840 кв. с.	

б) Если же полюсь взять внутри фигуры, то правило вычисленія площади слѣдующее: ко второму отсчету въ концѣ обвода фигуры прибавляемъ особое такъ наз. постоянное число планиметра (которое дается при планиметрѣ) и затѣмъ изъ этой суммы вычитаемъ первый отсчетъ; полученное число множимъ на p , т. е. на величину одного дѣленія.

Примѣръ. Положимъ, что постоянное число для разсматриваемаго планиметра дано 15460; оно либо тоже вырѣзается на рычагѣ или грузѣ, либо дается въ коробкѣ. Пусть первый отсчетъ равенъ 8256; второй отсчетъ 3458; тогда вычисляемъ: $3458 + 15460 - 8256 = 10662$.

Помножимъ далѣе на p , т. е. на 0,05 десятины, получимъ $10662 \cdot 0,05 = 533,1$ десятины.

2) Измѣряемая фигура обводится шпилемъ поаккуратнѣе; если фигура ограничена прямыми линіями, то можно шпиль вести по тонкой линейкѣ, но при этомъ нужно особенно тщательно наблюдать, чтобы шпиль шелъ какъ разъ по линіи границы. Если бы при обводѣ фигуры мы сбились съ нашей окружной межи, то нужно вернуть шпиль на надлежащее мѣсто по тому же пути, по которому онъ сошелъ, чтобы при этомъ не было описано никакой площади.

3) Если при отсчитываніи показаній по циферблату замѣтимъ, что указатель i стоитъ какъ разъ противъ какой либо цифры, напр. 5, или близко отъ нея по ту или другую сторону, то чтобы рѣшить, какую цифру взять, 5 или 4, нужно посмотрѣть на дѣленіе, указываемое нониусомъ на колесѣ. Если нуль нониуса показываетъ на колесѣ меньшія числа, напр., 148 или 062, то значитъ колесо уже сдѣлало полный оборотъ и начался новый оборотъ; тогда съ циферблата беремъ цифру 5. Если же нуль

нонуса стоять по другую сторону от нуля колеса и показывает бѣгущія числа, напр. 827 или 948, то это означает, что оборотъ еще не закончился, и мы беремъ тогда по циферблату цифру 4. Въ первомъ случаѣ отсчетъ будетъ 5148, а во второмъ 4827.

4) При обводѣ фигуры циферблатъ долженъ вращаться настолько медленно, чтобы можно было слѣдить за тѣмъ, не проходитъ ли нуль циферблата мимо указателя i , такъ какъ это будетъ соответствовать полному десятку дѣлений циферблата. Положимъ, что нуль прошел одинъ разъ мимо указателя, причемъ цифры циферблата проходили мимо указателя въ возрастающемъ порядкѣ, т. е. 8, 9, 0, 1 и т. д.; въ этомъ случаѣ, если послѣ обвода фигуры старшая цифра отсчета получается напр. 6, то это будетъ означать не 6, а 16, и весь второй отсчетъ будетъ имѣть видъ 16574, т. е. слѣва 2-го отсчета прибавится 1. Если такой переходъ произойдетъ нѣсколько разъ, напр. 2 раза, то прибавляемъ слѣва второго отсчета цифру 2 и получимъ напр. 26574.

Если же при обводѣ фигуры мы замѣчаемъ, что при прохожденіи нуля циферблата мимо указателя цифры идутъ въ убывающемъ порядкѣ, т. е. 2, 1, 0, 9, 8 . . . , то нужно прибавить 1 слѣва перваго отсчета—вычитаемого; тогда первый отсчетъ выйдетъ, напр., 12457, а второй пусть будетъ 8634; колесо въ этомъ случаѣ повернулось въ обратную сравнительно съ предыдущимъ случаемъ сторону; это бываетъ иногда при положеніи полюса внутри измѣряемой фигуры. Тогда, если постоянное число = 15460, получимъ по приведенному выше правилу, такое вычисленіе площади: $8634 + 15460 - 12457 = 11637$; измѣряемая площадь равна 11637,05 дес.

Если при обведеніи фигуры нуль циферблата проходитъ мимо указателя нѣсколько разъ, причемъ цифры идутъ то въ возрастающемъ, то въ убывающемъ порядкѣ, то мы замѣчаемъ, сколько разъ былъ тотъ и другой переходъ и беремъ въ расчетъ только излишекъ переходовъ, такъ какъ вліяніе двухъ переходовъ нуля въ обратныхъ направленіяхъ взаимно уничтожается.

Замѣтимъ, что при обведеніи фигуры по часовой стрѣлкѣ и положеніи полюса внѣ фигуры—2-й окончательный отсчетъ (т. е. съ прибавленной слѣва цифрой, если потребовалось) всегда больше перваго. Если же полюсъ помѣститъ внутри фигуры, то второй отсчетъ можетъ быть болѣе или менѣе перваго, но правило вычисленія площади отъ этого не мѣняется.

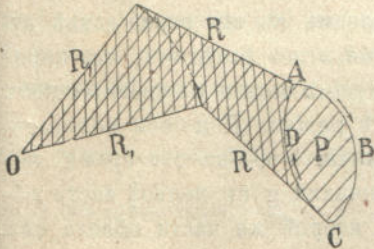
5) Полезно обвести для повѣрки фигуру вторично въ обратномъ направленіи, т. е. противъ часовой стрѣлки; тогда при положеніи полюса внѣ фигуры первой отсчетъ будетъ болѣе второго и для вычисленія площади вычитаемъ изъ перваго отсчета 2-ой; при положеніи же полюса внутри фигуры прибавляемъ къ первому отсчету постоянное число и вычитаемъ 2-й отсчетъ. При этомъ правило относительно перехода нуля циферблата мимо указателя остается то же, т. е. если цифры идутъ въ убывающемъ порядкѣ, то прибавляемъ единицу слѣва 1-го отсчета, если же—въ возрастающемъ, то—слѣва

2-го отсчета. После двух или же большего числа обводов фигуры берется среднее арифметическое из найденных результатов.

6) Планиметр должен содержаться в чистоте; особенно нужно заботиться о сохранении в исправности ободка, как представляющего самую важную часть, влияющую на правильность движения колеса; после каждого случайного прикосновения к ободку пальцами нужно его обтереть замшей или мягкой тряпкой; без этой предосторожности ободок будет ржаветь.

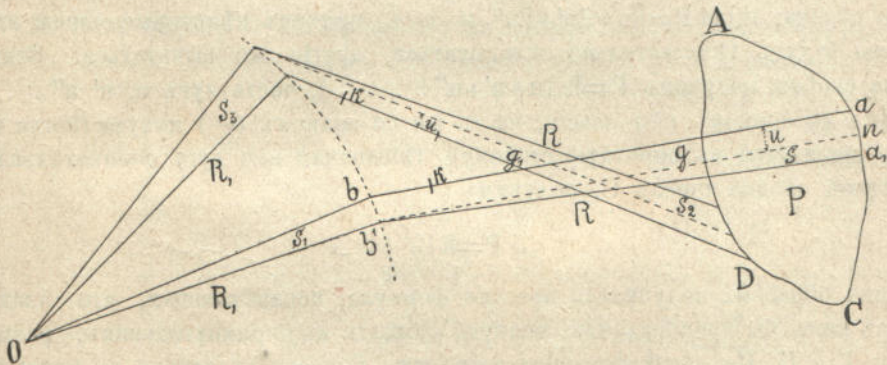
§ 109. Объяснение действия планиметра.

1. Пусть полюс O (чер. 281) находится вне измеряемой фигуры $ABCD$; R и R_1 —рычаги планиметра. При движении шпиль по окружной межѣ от A к B и C рычаги R и R_1 захватят площадь, заштрихованную наклонными линиями. При дальнейшем движении шпиль от точки C к D и A от этой площади будет постепенно отниматься площадь, заштрихованная вертикальными линиями. Таким образом после обвода фигуры, когда обводный шпиль вновь станет в начальную точку A , останется только площадь $ABCD$. Рассмотрим, как постепенно нарастает при движении планиметра площадь, захватываемая рычагами. Переведем шпиль на очень малое расстояние в точки a (чер. 282) в a_1 и рычаги—из положения Oa в положение Oa_1 ; происшедшее пе-



Чер. 281.

ремещение рычага R можно себя представить, как составленное из двух перемещений: сперва из положения ba в положение b_1n , параллельное первому, затем вращательное движение около точки b_1 до положения b_1a_1 . В первой части движения рычаг R опишет узенький параллелограмм g , а во второй части—сектор s ; рычаг же R_1 опишет площадь сектора s_1 .



Чер. 282.

При дальнейшем движении планиметра до точки C маленькие секто-

ры, какъ s и s_1 , будутъ все прибавляться. Затѣмъ при движеніи шпиля точки C къ D и A рычаги R и R_1 будутъ передвигаться въ обратную сторону, и секторы будутъ постепенно отбрасываться, напр. секторы s_2 и такъ что въ концѣ движенія послѣ полного обвода фигуры секторы s_1 секторами s_3 обратятся въ нуль,—также точно—и секторы s и s_2 . За это время при описываніи радіусомъ R секторовъ s и s_2 колесо K планиметра повернется на столько же въ одну сторону, на сколько и въ обратную, и потому эти площади s и s_2 не повліяютъ на окончательный отсчетъ послѣ обвода фигуры. Далѣе площадь параллелограмма g равна $R.u$, гдѣ u есть разстояніе по перпендикуляру между параллельными линіями ba и b_1n ; въ эту длину u и повернется ободокъ колеса при его вращеніи во время перехода рычага R изъ положенія ba въ положеніе b_1n (т. к. перемѣщеніе оси всякаго колеса въ направленіи перпендикулярномъ къ оси равно длинѣ дуги, на которую повернется колесо). Для поясненія этого замѣтимъ, что перемѣщеніе рычага изъ положенія ba въ положеніе b_1n можно въ свою очередь разбить на два: сперва перпендикулярно длинѣ радіуса R и оси колеса,—въ это время колесо катится, и затѣмъ вдоль линіи b_1n ,—въ это время колесо скользитъ по направленію своей оси. Площадки g въ первой части обвода фигуры будутъ постепенно наростать, во второй же части обвода онѣ будутъ отбрасываться, какъ напр. площадка g_1 , равная $R.u_1$, и колесо будетъ поворачиваться въ обратную сторону. Въ результатѣ останется подобно тому, какъ на чер. 281, площадь P нашей фигуры, которая составитъ изъ суммы площадокъ подобныхъ $R.u$ безъ площадокъ такихъ, какъ $R.u_1$. Обозначимъ разныя значенія u и u_1 черезъ u , u' , u'' и т. д., гдѣ u , u' , u'' ... послѣдовательныя маленькія перемѣщенія колеса, т. е. послѣдовательныя дуги ободка; тогда $P=Ru+Ru'+Ru''$ и т. д., причемъ нѣкоторые члены этой суммы будутъ дѣйствительно складываться, другіе же вычитаться. Взявъ R за скобки, получимъ $P=R(u+u'+u''+\dots)$; часть дугъ u , u' , u'' ... будетъ со знакомъ (+) плюсь, часть же со знакомъ (—) минусъ (когда колесо вращается въ обратную сторону). Обозначая всю дугу окончательнаго поворота ободка черезъ U , получимъ

$$P=R U.$$

Такимъ образомъ получилась простая формула, показывающая, что планиметръ какъ бы преобразуетъ всякую площадь въ прямоугольникъ, размѣрами R и U . Изъ этой формулы легко уже вывести указанное въ предыдущемъ параграфѣ правило пользованія планиметромъ при положеніи полюса внѣ фигуры. Въ самомъ дѣлѣ, если обозначимъ отсчетъ на колесѣ въ началѣ обвода черезъ m_1 , а въ концѣ черезъ m_2 , и длину одного дѣленія ободка черезъ t , напр. t дюймовъ (конечно, t есть очень малая часть дюйма), то длина дуги, на которую повернется ободокъ (послѣ обвода фигуры по часовой стрѣлкѣ) будетъ $U=t(m_2-m_1)$, а площадь наша выразится такъ:

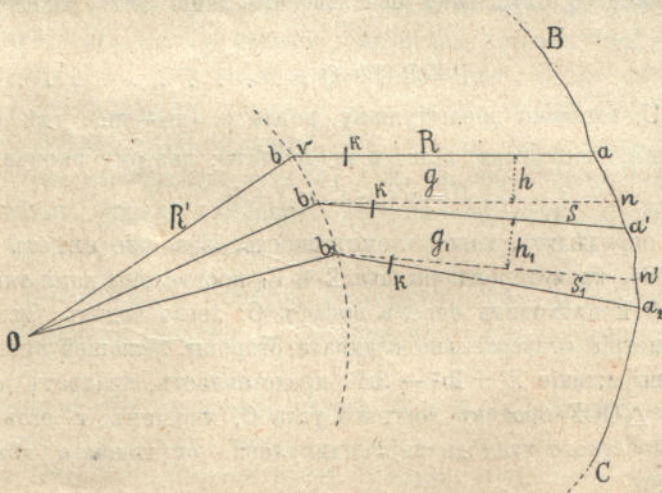
$$P=Rt(m_2-m_1).$$

Здѣсь $t = \frac{1}{1000}$ длины ободка колеса. Произведение Rt , гдѣ R и t выражены, напр., въ дюймахъ, можно разсматривать, какъ площадь маленькаго прямоугольника; обозначимъ ее черезъ p ; это есть величина постоянная для данныхъ размѣровъ планиметра, которая называется однимъ дѣленіемъ планиметра. Такимъ образомъ имѣемъ окончательно

$$P = p (m_1 - m_2).$$

Здѣсь P и p пока выражены напр. въ кв. дм., т. е. площадь P на бумагѣ измѣрена въ натуральную величину. Зная масштабъ плана, можно бы эту площадь перечислить въ десятины и кв. сажени. Но на самомъ дѣлѣ переводятъ заранѣе въ десятины площадку p , т. е. Rt , причемъ R выбираютъ такъ, чтобы для p получилось удобное для вычислений число, наприм. чтобы p равнялось 120 кв. саж. или 0,05 дес. при масштабѣ $1'' = 100$ саж. Требуемое для этого значеніе R можно найти слѣдующимъ образомъ; найдемъ, какой части кв. дм. на бумагѣ при указанномъ масштабѣ равняются 120 кв. саж. на мѣстности; $1''$ линейный на бумагѣ = 100 саж. на мѣстности, 1 кв. дм. на бумагѣ = $100 \times 100 = 10000$ кв. саж. на мѣстности; отсюда 1 кв. саж. на мѣстности = $\frac{1}{10000}$ кв. дм. на бумагѣ, а 120 кв. с. = $\frac{120}{10000}$ кв. дм. Далѣе положимъ, что извѣстная окружность ободка = $2''$; тогда $t = \frac{2''}{1000}$, а tR въ натуральную величину = $\frac{R \cdot 2''}{1000}$; эта величина должна равняться $\frac{120}{10000}$; такимъ образомъ $\frac{R \cdot 2}{1000} = \frac{120}{10000}$. Отсюда послѣ сокращеній получимъ $2R = 12$, а $R = 6''$, т. е. величина R опредѣлится.

II. Если полюсъ O находится внутри фигуры $ABCD$ (чер. 283), то при полномъ обводѣ фигуры рычагъ R_1 опишетъ площадь круга, равную πR_1^2 ,



Чер. 283.

рычагъ же R опишетъ площадь, слагающуюся подобно предыдущему изъ маленькихъ параллелограммовъ g, g_1, \dots и маленькихъ секторовъ s, s_1, \dots . Площадки g, g_1, \dots равны произведениямъ Rh, Rh_1, \dots , гдѣ h, h_1, \dots — разстоянія перпендикуляра между линіями ba и b_1n , далѣе между b_1a_1 и b_2n_1 и т. д. Сумма такихъ площадокъ равна RH , гдѣ $H = h + h_1 + h_2, \dots$. Сумма же секторовъ s, s_1, \dots дастъ площадь круга πR^2 , такъ какъ рычагъ R повернется отъ своего первоначальнаго положенія на 360° . Отсюда площадь обведенной фигуры, т. е.

$$P = \pi R^2 + \pi R_1^2 + RH \dots \dots \dots (I)$$

Въ этой формулѣ нужно выразить H съ помощью полной длины дуги U , которую повернется въ окончательномъ итогѣ ободокъ колеса k ; здѣсь колесо вращается не только при перемѣщеніи рычага R изъ положенія ba въ положеніе b_1n , но и при вращеніи этого рычага около точки b_1 до положенія b_1a_1 ; эти послѣдовательные повороты колеса при вращеніи рычага около точекъ b_1, b_2, \dots не уничтожаются взаимно при полномъ обводѣ фигуры (какъ это было выше при положеніи полюса внѣ фигуры), а даютъ перемѣщеніе колеса, равное $2\pi r$, т. е. длинѣ окружности радіуса r , гдѣ r — разстояніе колеса отъ точки b . Поэтому если желаемъ выдѣлить долю вращенія колеса, приходящуюся на площадки g, g_1, \dots , то должны изъ всей длины описанной ободкомъ, вычесть $2\pi r$. Тогда

$$H = U - 2\pi r.$$

Помноживъ на R , получимъ

$$RH = R(U - 2\pi r) = RU - 2\pi rR.$$

Подставляя это выраженіе въ формулу (I), получимъ послѣ преобразованія

$$P = RU + \pi(R^2 + R_1^2 - 2rR)$$

Обозначимъ $\pi(R^2 + R_1^2 - 2rR)$ черезъ Q ; это есть величина постоянная для даннаго планиметра, такъ какъ она зависитъ лишь отъ размѣровъ планиметра; тогда

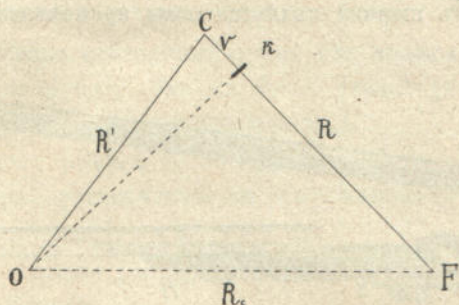
$$P = RU + Q \dots \dots \dots (II)$$

Величина RU , согласно предыдущему, равна $p \cdot (m_2 - m_1)$, гдѣ p — величина одного дѣленія планиметра, а m_2 и m_1 отсчеты; поэтому окончательно

$$P = p(m_2 - m_1) + Q \dots \dots \dots (III)$$

Чтобы опредѣлить, какое геометрическое значеніе имѣетъ Q , рассмотримъ чер. 284, на которомъ рычаги R и R_1 поставлены нами такъ, что плоскость колеса k проходитъ черезъ полюсъ O ; легко видѣть (изъ извѣстной теоремы геометріи относительно квадрата стороны, лежащей противъ остраго угла), что выраженіе $R^2 + R_1^2 - 2rR$ представляетъ квадратъ стороны R_0 , лежащей въ $\triangle OCF$ противъ остраго угла C , причемъ r есть разстояніе отъ вершины остраго угла до перпендикуляра, опущеннаго изъ точки O . Слѣдовательно

$$Q = \pi \cdot R_0^2$$



Чер. 284.

Поэтому можно сказать, что Q есть площадь круга съ радиусомъ OF , которая была бы описана планиметромъ при вращеніи его около полюса O такъ, чтобы плоскость колеса K постоянно проходила черезъ полюсъ. Этотъ кругъ наз. основнымъ кругомъ.

Такъ какъ при описаніи планиметромъ основного круга колесо въ каждый моментъ движется вдоль своей оси, т. е. перпендикулярно ободку, то оно при этомъ совсѣмъ не повернется.

Придадимъ формулѣ (III) окончательный удобный видъ; именно представимъ Q , какъ произведеніе изъ p (т. е. величины одного дѣленія планиметра) на нѣкоторое число q , показывающее, сколько разъ площадка p содержится въ площади Q ; тогда

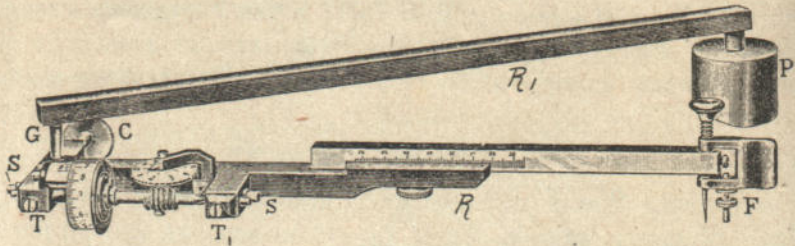
$$P = p(m_2 - m_1) + pq = p(m_2 + q - m_1) \dots \dots \dots (IV)$$

Здѣсь подобно предыдущему p можетъ быть выражено въ десятинахъ и кв. саж.; тогда и P получимъ въ такихъ же единицахъ. Число q въ послѣдней формулѣ и есть такъ наз. постоянное число планиметра (см. § 108). Замѣтимъ, что здѣсь m_2 , какъ и раньше говорилось, можетъ быть либо больше либо меньше, чѣмъ m_1 ; если m_2 получается больше m_1 , то легко видѣть, что площадь P тогда больше площади Q основного круга; если же $m_2 < m_1$, то $P < Q$, и въ формулѣ (II) величина RU будетъ вычитаемая, такъ какъ колесо повернется въ обратную сторону. На способъ опредѣленія площади это не оказываетъ никакого вліянія: онъ остается одинъ и тотъ же, какъ изложено въ предыдущемъ параграфѣ.

§ 110. Планиметръ Коради. Планиметръ Коради представляетъ собою тотъ же полярный планиметръ Амслера, но съ нѣкоторыми усовершенствованіями, а именно:

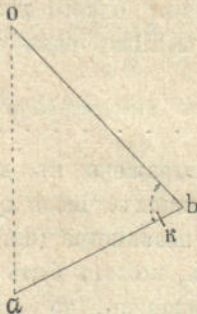
1) Въ планиметрѣ Амслера рычаги R и R_1 соединены постояннымъ шарниромъ, такъ что уголъ между рычагами можетъ принять значенія лишь меньшія 180° , въ планиметрѣ же Коради (чер. 285) полюсный рычагъ R_1 снабженъ на лѣвомъ концѣ стальнымъ штифтомъ G , кончающимся шарикомъ; шарикъ этотъ вставляется на время обвода фигуры въ соответ-

вующее гнѣздо на концѣ обводнаго рычага R; при движеніи планиметра вертикальный діаметръ шарика является осью временнаго соединенія

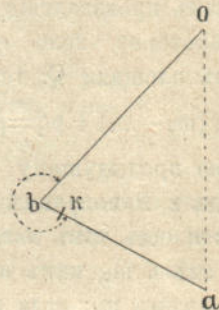


Чер. 285.

бы шарниромъ) рычаговъ; обводный рычагъ можетъ поворачиваться около этого шарнира почти на 360° , такъ что уголъ между рычагами можетъ быть и меньше 180° (чер. 386) и больше 180° (чер. 287); ось b соединенія рычаговъ можетъ при этомъ занимать положеніе либо вправо отъ линіи oa , соединяющей полюсъ съ обводнымъ шпилемъ (чер. 286), либо влево (чер. 287). Это обстоятельство имѣетъ значеніе какъ для удобства обвода фигуры, такъ и для полученія болѣе точныхъ результатовъ: именно



Чер. 286.



Чер. 287.

для большей точности фигура обводится дважды при двухъ различныхъ указанныхъ расположеніяхъ рычаговъ и берется среднее арифметическое полученныхъ результатовъ; тогда нѣкоторыя противоположныя ошибки взаимно уничтожаются (см. повѣрки планиметра).

2) Для устойчивости планиметра, особенно при углахъ между рычагами, близкихъ къ 180° , въ планиметрѣ Корди устроено еще одно колесо С.

3) Обводный шпиль снабженъ пружинкой: надавливая пальцемъ на головку шпиля, можемъ остріе приближать до соприкосновенія съ бумагой; при самомъ же обводѣ шпиль отстоитъ нѣсколько отъ бумаги и не царапаетъ ея; конецъ же обводнаго рычага для поддержки опирается о бумагу тупымъ концомъ особаго винта F, высота котораго надлежащимъ образомъ регулируется.

Здѣсь же у обводнаго шпилья имѣется вращающаяся пластинка, за которую конецъ рычага берется пальцами.

4) Удобенъ также постоянный грузъ для полюса Р, снабженный снизу иглой, втыкаемой въ бумагу. Затѣмъ очень удобно устроены винты S, T, T₁, регулирующие положеніе оси вращенія колеса.

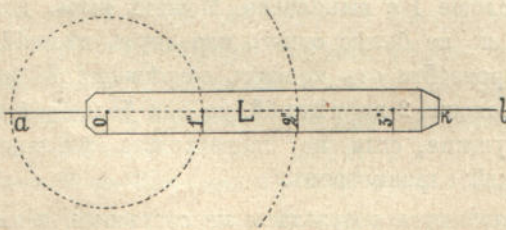
Длина обводнаго рычага R, опредѣленная для даннаго значенія одного дѣленія планиметра, устанавливается съ помощью указателя и шкалы на рычагѣ.

Въ послѣднее время распространяется въ практикѣ главнымъ образомъ планиметръ Коради.

Планиметръ Коради устраивается, какъ и планиметръ Амслера, съ постояннымъ или же съ передвижнымъ рычагомъ.

§ 111. Повѣрки планиметра. Прежде всего осматриваемъ въ планиметрѣ, свободно ли вращается ось колеса, а также свободно ли вращаются рычаги на своей оси; при этомъ каждая изъ осей не должна имѣть движенія вдоль направленія оси; исправленія дѣлаются винтами, въ которые упираются концы осей. Промежутокъ между колесомъ и нониусомъ прочищается кусочкомъ бумаги. Разстояніе колеса отъ нониуса регулируется винтами (чер. 279, 280, 285), передвигающими колесо съ осью.

Потомъ дѣлается общая повѣрка планиметра слѣдующимъ образомъ. Чертимъ на бумагѣ, натянутой на ровной доскѣ, простую фигуру, наприкладъ прямоугольникъ съ извѣстными сторонами (дюйма въ 4—5); измѣряемъ его площадь планиметромъ въ десятинахъ при разныхъ положеніяхъ полюса внѣ фигуры (ближнихъ и дальнихъ) и внутри фигуры; затѣмъ ту же площадь вычисляемъ геометрически; если разница между найденными результатами будетъ не велика, именно не будетъ превосходить указанной ниже точности измѣренія планиметромъ, то планиметръ вѣренъ. Иногда при планиметрѣ для его повѣрки прилагается особая контрольная линейка L (чер. 288) для описыванія окружностей обводнымъ штилемъ, который ставится въ точкѣ на линейкѣ L въ разстояніи 1", или 2", или 3" отъ центра



Чер. 288.

вращенія O линейки (отъ иголки, втыкаемой въ бумагу). Полный оборотъ линейки дѣлается отъ линіи ab до той же линіи; объ этомъ судятъ по указателю k на концѣ линейки. Полученную планиметромъ, при разныхъ поло-

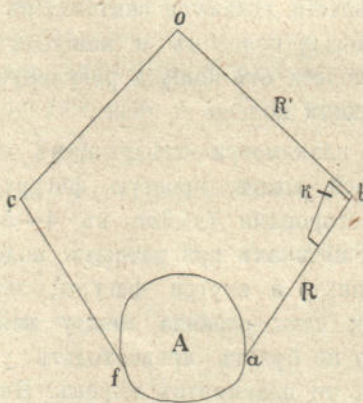
женіяхъ полюса, площадь круга сравниваемъ съ той же площадью, вычисленной геометрически. Если сдѣланныя геометрически вычисления не согласуются съ результатами, полученными планиметромъ, то нужно сдѣлать три отдѣльныя частныя повѣрки планиметра.

1. Перпендикулярна ли плоскость, проходящая через ось вращенія рычаговъ и через конецъ обводнаго шпиля, къ плоскости колеса. Это условіе необходимо для того, чтобы дуга, на которую повернется колесо, дала точно сумму (алгебраическую) перемѣщеній рычага и перпендикулярныхъ его длинъ (см. § 109).

2. Вѣрна ли длина рычага R , т. е. соответствуетъ ли она надписанной на планиметрѣ величинѣ одного дѣленія p .

3. Вѣрно ли постоянное число планиметра.

1-я повѣрка дѣлается въ планиметрѣ Коранди слѣдующимъ образомъ. Обводимъ фигуру (чер. 289) 2 раза: 1) при положеніи O планиметра



Чер. 289.

2) при положеніи его Ocf . Разница въ этихъ положеніяхъ слѣдующая: если смотрѣть внутрь угла, образованнаго рычагами, то въ 1-мъ случаѣ обводный шпиль a стоитъ влѣво отъ полюса O , а во 2-мъ—вправо. Замѣтимъ, что полюсъ не долженъ быть очень близко къ фигурѣ, такъ какъ тогда при обводѣ фигуры вблизи полюса получается очень быстрое вращеніе колеса и сильное боковое давленіе на полюсъ; кромѣ того обводный шпиль можетъ и

не подойти такъ близко къ полюсу (на разницу въ длинѣ рычаговъ R и R_1). Если послѣ обвода фигуры получимъ для ея площади оба раза одинаковые результаты, то условіе 1-е выполнено. Можетъ быть допущена и разница въ результатахъ, но не болѣе одного или двухъ дѣленій планиметра; разница эта могла произойти отъ мелкихъ погрѣшностей при обводѣ фигуры. Если разница и больше 2-хъ дѣленій, то для большихъ площадей она тоже можетъ быть допустима, если не превосходитъ указанной ниже точности измѣренія площадей планиметромъ.

Если же получаются результаты не согласные, а именно—при первомъ положеніи планиметра получается, напр., площадь меньше, а при второмъ—больше, то это будетъ означать, что плоскость колеса k стоитъ косо къ рычагу ab и повернута именно въ ту сторону, какъ показано на чертежѣ. (Убѣдиться въ этомъ можно довольно длиннымъ изслѣдованіемъ нарастанія и убыванія площадокъ параллелограммовъ, образованныхъ параллель

ными перемѣщеніями рычага R, о которыхъ разсказано въ § 109. Привести этого изслѣдованія здѣсь не будемъ).

Для исправленія планиметра въ данномъ случаѣ, какъ легко замѣнить, нужно ось колеса (чер. 285) повернуть, надавивъ винтомъ T.

Если же при обводѣ фигуры при положеніи Oba планиметра получается результатъ больше, чѣмъ при положеніи Ocf, то нужно повернуть ось колеса въ противоположную сторону, надавивъ винтомъ T₁, такъ какъ тогда плоскость колеса повернута въ обратную сторону.

Если указанное исправленіе планиметра не произведено, то для полученія вѣрной величины измѣряемой площади, нужно брать полусумму двухъ результатовъ, полученныхъ при описанныхъ расположеніяхъ частей планиметра.

Повѣрка 1-го условія въ планиметрѣ Амслера производится иначе: именно—измѣряемъ одну и ту же площадь два или болѣе разъ—при ближайшемъ положеніи полюса къ фигурѣ и при отдаленномъ. При этомъ пусть рычаги расположены такъ, что обводный шпиль стоитъ вправо отъ полюса (чер. 279), если смотрѣть внутрь угла. Если получимъ одинаковые результаты оба раза (или достаточно близкіе,—какъ сказано выше), то условіе первое выполнено. А если результаты не одинаковы, и при дальнемъ положеніи полюса получится результатъ меньшій, а при ближайшемъ—большій, то для исправленія нужно пластинку b съ обводнымъ шпилемъ, освободивъ зажимныя винты, повернуть влѣво, если смотрѣть отъ оси вращенія рычаговъ къ обводному шпилю. Это соотвѣтствуетъ положенію колеса на чер. 289 въ планиметрѣ Oba. Если же при дальнемъ положеніи полюса получится результатъ большій, а при ближайшемъ меньшій, то пластинку b нужно повернуть вправо. Когда же такой пластинки на концѣ рычага нѣтъ, то вворачивается соотвѣтственнымъ образомъ ось колеса боковыми винтами у концовъ ея (чер. 280).

Въ случаѣ, если въ планиметрѣ обводный шпиль стоитъ влѣво отъ полюса, когда смотрѣть внутрь угла,—какъ на чер. 280 въ планиметрѣ съ передвижнымъ рычагомъ, то правило исправленія будетъ обратное.

2-ая повѣрка планиметра дѣлается послѣ первой слѣдующимъ образомъ: измѣряемъ площадь одной и той же простой фигуры геометрически, также планиметромъ при положеніи полюса внѣ фигуры, напр. площадь угла—съ помощью контрольной линейки. Если планиметръ дастъ площадь больше истинной, то значить колесо поворачивается на слишкомъ большую дугу для данного значенія r; изъ формулы $P = R \cdot U$ (§ 109) видно, что съ увеличеніемъ R уменьшается U, такъ какъ площадь P есть величина неизмѣнная. Поэтому для исправленія планиметра нужно рычагъ R опустить, пользуясь, въ случаѣ передвижного рычага, микрометричнымъ винтомъ, а въ случаѣ постоянного рычага пластинкой b; тогда длина дуги U, а следовательно и число дѣленій, на которое повернется колесо, уменьшится, какъ намъ и нужно. Если же планиметръ дастъ площадь меньше истинной,

то R нужно укоротить: тогда колесо будет вращаться нѣсколько. При исправленіи передвижного рычага черта на рычагѣ сойдетъ съ указателя при муфтѣ: тогда на рычагѣ нужно сдѣлать новую черту прежней невѣрной.

3. Когда длина рычага исправлена, то повѣряется постоянное планиметра; дѣлается это такимъ же образомъ, какъ поступаютъ при дѣленіи величины постоянного числа; именно обводимъ планиметромъ либо прямоугольникъ, помѣщая полюсъ внутри его, и записываемъ обихъ счета. Площадь же прямоугольника находимъ геометрически; пусть она залась равной P; тогда въ равенствѣ

$$P = p(m_2 + q - m_1)$$

будутъ извѣстны величины P, p, m₂ и m₁, а q будетъ искомое.

Отсюда
$$\frac{P}{p} = m_2 + q - m_1$$

и
$$q = \frac{P}{p} + m_1 - m_2.$$

Такимъ образомъ для полученія вѣрнаго значенія постоянного дѣлимъ площадь прямоугольника, найденную геометрически, на величину одного дѣленія планиметра; къ частному прибавляемъ 1-ый отсчетъ при вѣдѣ прямоугольника планиметромъ и вычитаемъ 2-й отсчетъ.

Если нельзя исправить указанными дѣйствіями (повѣрки 1 и 2) планиметръ такимъ образомъ, чтобы онъ давалъ при разныхъ положеніяхъ полюса результаты, согласные между собою и съ истинной величиной площади, то въ планиметрѣ кроются другіе недостатки, которые могутъ быть исправлены только опытнымъ механикомъ.

Если въ планиметрѣ длина рычага не установлена точно и постоянное число не повѣрено, то можно пользоваться имъ слѣдующимъ образомъ. Закключаемъ измѣряемую фигуру въ какой либо прямоугольникъ, прочерчиваемый карандашемъ. Помѣщаемъ полюсъ планиметра внѣ (не внутри) фигуры и обводимъ шпилемъ какъ нашу фигуру, такъ и прямоугольникъ. Пусть мы при этомъ получили для нашей фигуры площадь P, а для прямоугольника—P₁; площадь же прямоугольника, вычисленная геометрически, пусть равна P₀; если P₁ не равно P₀, то значить и P не представляетъ вѣрнаго результата; тогда искомая площадь X нашей фигуры опредѣляется изъ пропорціи:

$$X : P = P_0 : P_1;$$

отсюда $X = P \cdot \frac{P_0}{P_1}$. Отношеніе $\frac{P_0}{P_1}$ даетъ намъ поправочный коэффициентъ.

Напримѣръ, если P₀=12 десятинъ, P₁=11 дес. 1800 кв. с. и P=10 дес. 580 с., то

$$X = 24580 \cdot \frac{28800}{28200} \text{ кв. с.} = 10 \text{ дес. } 1103 \text{ кв. с.}$$

Можно пользоваться планиметромъ съ передвижнымъ рычагомъ иначе; именно—закключаемъ по предыдущему измѣряемую фигуру въ

прямоугольникъ, прочерчиваемый кругомъ нея; далѣе, придавъ рычагу произвольную длину, удобную для обведенія фигуры при положеніи полюса внѣ ея, обводимъ какъ нашу фигуру, такъ и прямоугольникъ, обнимающій ее; пусть разность отсчетовъ на планиметрѣ для нашей фигуры есть m , а для вспомогательнаго прямоугольника— m_1 ; затѣмъ пусть площадь прямоугольника, измѣренная геометрически, равна P_1 ; тогда $\frac{P_1}{m_1}$ —есть величина одного звѣна планиметра для взятой длины рычага; а потому площадь измѣряемой фигуры будетъ $P = \frac{P_1}{m_1} \cdot m$.

§ 112. Точность вычисленія площадей разными способами.

При вычисленіи площадей разными способами получаемые результаты содержатъ вообще нѣкоторыя неизбѣжныя ошибки. Ошибка въ вычисленіи площади, выраженная въ квадратныхъ единицахъ мѣры, квадр. саженьяхъ или десятинахъ, называется абсолютной ошибкой. Число же, показывающее, какую часть абсолютная ошибка составляетъ отъ всей площади, т. е. отношеніе абсолютной ошибки ко всей площади, называется относительной ошибкой площади; наибольшая допускаемая (относительная) ошибка называется предѣльной ошибкой или же точностью измѣренія площади. Эта точность при всѣхъ способахъ измѣренія площади зависитъ: 1) отъ величины измѣряемой площади и 2) отъ масштаба, въ которомъ фигура нанесена на планъ; именно—большія площади измѣряются точнѣе малыхъ; точно также съ увеличеніемъ масштаба площадь по плану измѣряется точнѣе. Покажемъ справедливость этихъ замѣчаній на частныхъ примѣрахъ для геометрическаго способа измѣренія площадей, т. е. для измѣренія площадей Δ -ковъ и трапецій, получающихся при разбивкѣ или преобразованіи фигуры.

1. Покажемъ, что при измѣреніи большихъ площадей относительная ошибка меньше, чѣмъ при измѣреніи малыхъ.

Положимъ, основаніе Δ -ка равно 100 саж., а высота—80 саж. Пусть масштабъ плана—100 саж. въ 1". Въ каждой линіи, измѣряемой на планѣ въ этомъ масштабѣ, можно предположить наибольшую ошибку въ $\frac{1}{2}$ саж. (это есть точность масштаба); а потому основаніе и высота Δ -ка могутъ быть въ дѣйствительности не 100 с. и 80 с., а напр. $100\frac{1}{2}$ и $80\frac{1}{2}$. Сравнимъ площадь Δ -ка, имѣющаго размѣры 100 и 80 с., съ площадью Δ -ка, имѣющаго размѣры $100\frac{1}{2}$ и $80\frac{1}{2}$ с. Площадь 1-го Δ -ка равна $\frac{100 \cdot 80}{2} = 4000$ кв.

саж., а площадь 2-го равна $\frac{100\frac{1}{2} \cdot 80\frac{1}{2}}{2} = \frac{(100 + \frac{1}{2}) \cdot (80 + \frac{1}{2})}{2}$
 $= \frac{100 \cdot 80}{2} + \frac{100 \cdot \frac{1}{2} + 80 \cdot \frac{1}{2}}{2} = 4045$ кв. саж., причемъ произведеніе $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}$ отброшено,

т. е. величина очень малая сравнительно съ другими членами суммы. Такимъ образомъ 2-я площадь отличается отъ 1-ой на 45 кв. саж. Относительная ошибка измѣренія площади будетъ $\frac{45}{4000} = \frac{1}{90}$ приблизительно.

Возьмемъ теперь Δ -къ съ основаніемъ 200 саж., т. е. вдвое бѣльшимъ

прежняго, и высотой 240 с., т. е. втрое больше прежней; его площадь будет въ 6 разъ больше прежней. При масштабѣ 100 с. въ 1" мы въ этой линіи можемъ сдѣлать ту же ошибку въ $\frac{1}{2}$ саж., что и раньше; а намъ можно предположить размѣры Δ -ка въ $200\frac{1}{2}$ с. и $240\frac{1}{2}$ саж. Сравнимъ площади двухъ треугольниковъ, изъ которыхъ одинъ имѣетъ размѣры 200 с. и 240 с., а другой $200\frac{1}{2}$ и $240\frac{1}{2}$ с.; площадь 1-го равна $\frac{200 \cdot 240}{2} = 24000$ кв. саж., площадь 2-го подобно предыдущему равна $\frac{200\frac{1}{2} \cdot 240\frac{1}{2}}{2} = \frac{200 \cdot 240}{2} + \frac{200 \cdot \frac{1}{2} + 240 \cdot \frac{1}{2}}{2} = 24110$ кв. саж. Разница между этими площадями = 110 кв. саж., а относительная ошибка площади равна $\frac{110}{24000} = \frac{1}{220}$ приблизительно между тѣмъ какъ раньше она была равна $\frac{1}{90}$.

Такимъ образомъ мы видимъ, что съ увеличеніемъ площади измѣренія выходитъ точнѣе; хотя абсолютная ошибка во второмъ примѣрѣ больше $2\frac{1}{2}$ раза, но относительная ошибка меньше.

2. Покажемъ теперь, что съ увеличеніемъ масштаба плана ошибка измѣренія площади уменьшается. Возьмемъ 1-й изъ рассмотрѣнныхъ въ предыдущемъ параграфѣ треугольниковъ при масштабѣ плана 50 саж. въ 1"; тогда линіи по плану измѣряются точнѣе; ошибки въ нихъ не больше $\frac{1}{4}$ саж., т. е. не больше точности масштаба; а потому размѣры треугольника могутъ быть 100 саж. и 80 саж. или же $100\frac{1}{4}$ саж. и $80\frac{1}{4}$ саж. Подобно предыдущему найдемъ, что разница между площадями такихъ двухъ треугольниковъ, которые размѣры отличаются на $\frac{1}{4}$ с., равна $\frac{100 \cdot \frac{1}{4} + 80 \cdot \frac{1}{4}}{2} = \frac{45}{2}$, т. е. вдвое меньше, чѣмъ при масштабѣ 100 с. въ 1"; относительная ошибка площади также уменьшается вдвое. Если же масштабъ увеличимъ вчетверо, то ошибка въ площади уменьшится вчетверо и т. д.

Сказанное о треугольникахъ справедливо и для трапецій.

Изъ изложеннаго вытекаетъ, что при разбивкѣ измѣряемой фигуры на треугольники и трапеціи нужно стараться дѣлать треугольники и трапеціи по возможности большихъ размѣровъ. Затѣмъ масштабъ плана для вычисленія площади нужно выбирать, смотря по требуемой точности измѣренія площади; при малыхъ площадяхъ, меньшихъ десятины, когда земля оцѣнивается на квадратныя сажени, желательнo, чтобы относительная ошибка площади была по крайней мѣрѣ отъ $\frac{1}{200}$ до $\frac{1}{300}$, а для этого фигура должна быть наложена на планъ въ масштабѣ 10 саж. въ 1".

Покажемъ еще, что при одной и той же площади Δ -ковъ ошибка измѣренія площади будетъ наименьшая въ томъ Δ -кѣ, у котораго основаніе равно высотѣ. Мы видѣли выше, что если основаніе Δ -ка 100 саж., а высота 80 с., то возможная ошибка въ площади при масштабѣ 100 с. въ 1" равна $\frac{100+80}{4}$, т. е. она зависитъ отъ суммы основанія и высоты Δ -ка.

тѣмъ эта сумма меньше при той же площади, тѣмъ форма Δ -ка выше. Замѣтимъ, что Δ -ки, у которыхъ произведеніе основанія a на высоту h одно и то же, имѣютъ одинаковую площадь. Возьмемъ нѣсколько такихъ Δ -ковъ: 1) $a=60$ с. и $h=60$ с.; 2) $a=40$ с., $h=90$ с.; 3) $a=30$ с., $h=120$ с.; 4) $a=20$ с., $h=180$ с. Площади ихъ одинаковы, а сумма основанія и высоты въ нихъ по порядку слѣдующая: 120 с., 130, 150, 200. Видно, что наименьшая сумма оказывается тогда, когда основаніе=высотѣ. Это и доказываетъ, что такая форма Δ -ковъ наивыгоднѣйшая.

Изъ приведенныхъ выше вычисленій площадей треугольниковъ въ различныхъ случаяхъ извлечемъ еще одно свойство относительной ошибки площади при вычисленіи ея геометрически. Именно: относительная ошибка площади треугольника равна суммѣ относительныхъ ошибокъ основанія и высоты его. Если въ основаніи, длина котораго 100 с., сдѣлана ошибка въ $\frac{1}{2}$ с., то относительная ошибка въ основаніи будетъ $\frac{1}{2}$ с. : 100 с. = $\frac{1}{200}$; если высота равна 80 с., а ошибка къ ней— $\frac{1}{2}$ с., то относительная ошибка въ высотѣ будетъ $\frac{1}{2} : 80 = \frac{1}{160}$; сложимъ эти дроби: $\frac{1}{200} + \frac{1}{160} = \frac{20+25}{4000} = \frac{45}{4000}$; такую же дробь мы получили выше для относительной ошибки площади треугольника, что и доказываетъ высказанное положеніе. То же можно показать и въ другихъ примѣрахъ. Для трапеціи относительная ошибка площади равна суммѣ относительныхъ ошибокъ средней линіи и высоты трапеціи; доказать это можно подобно предыдущему.

Мы находили наибольшую (предѣльную) ошибку въ вычисленіи площади треугольника, предполагая, что обѣ линіи, т. е. основаніе и высота, погрѣшили по масштабу либо обѣ больше, либо обѣ меньше ихъ настоящихъ; но понятно, что въ дѣйствительности онѣ могутъ быть или больше или меньше независимо одна отъ другой; если одна изъ нихъ больше истинной длины, а другая меньше, тогда конечно ошибка въ площади будетъ гораздо меньше.

Перейдемъ къ точности измѣренія площадей палеткой и планиметромъ

Наибольшая допускаемая относительная ошибка при измѣреніи площади палеткой равна около $\frac{1}{100}$ для площади въ 100 десятинъ при масштабѣ 100 саж. въ 1"; для большихъ площадей она меньше, а для малыхъ больше.

При измѣреніи площади планиметромъ точность измѣренія, т. е. наибольшая допускаемая относительная ошибка при одномъ обводѣ фигуры есть $\frac{1}{100}$ для площади въ 100 десятинъ при масштабѣ 100 саж. въ 1"; для малыхъ площадей она больше, а для большихъ—меньше; такъ для площади въ 50 дес. она равна около $\frac{1}{100}$, для шести десятинъ—около $\frac{1}{15}$, т. е. предѣльная ошибка приблизительно обратно пропорціональна величинѣ измѣряемой площади. Увеличеніе масштаба при измѣреніи площади планиметромъ равносильно увеличенію площади, такъ что съ увеличеніемъ масштаба линій вдвое относительная ошибка площади, уменьшается вчетверо

(приблизительно). Средняя ошибка въ дѣйствительности гораздо менше предѣльныхъ, именно разъ въ шесть меньше.

Изъ сказаннаго можно сдѣлать слѣдующій краткій выводъ но абсолютной ошибки измѣренія площади фигуры планиметромъ. Для какой площади при масштабѣ 100 с. въ 1" предѣльная ошибка равна $\frac{1}{2}$ десят., средняя же ошибка около 200 кв. саж.; при масштабѣ 25 с.—средняя ошибка около 50 кв. саж.; при масштабѣ 10 с.—средняя ошибка около $12\frac{1}{2}$ кв. саж., при масштабѣ 10 с. въ 1"—средняя ошибка около 12 кв. саж.

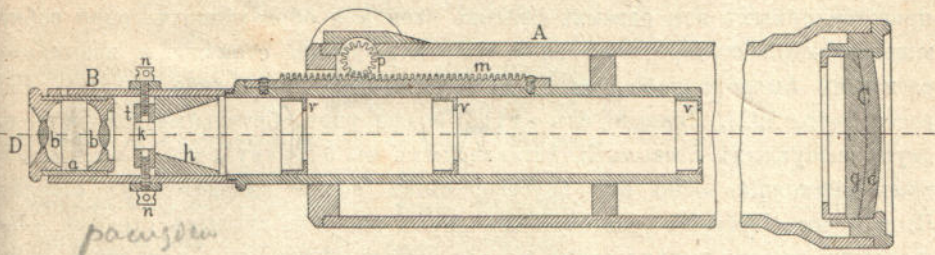
Если измѣряемая фигура состоитъ изъ частей (участковъ, угодій) площади которыхъ должны быть измѣрены въ отдѣльности, тогда сумма площадей, найденныхъ для отдѣльныхъ частей фигуры, сравнивается съ площадью, найденной независимо отъ нихъ для всей фигуры, и если разность между ними не превышаетъ $\frac{1}{200}$ всей площади при большомъ числѣ частей и $\frac{1}{300}$ при маломъ числѣ ихъ, то принимая общую площадь за измѣряемъ площади составныхъ частей пропорціонально ихъ величинѣ, чтобы сумма ихъ вышла равна общей площади. Это называется соглашеніемъ вычисленія площади.

Примѣчаніе. Вычисленіе площади по координатамъ измѣряемой въ дальнѣйшемъ послѣ разсмотрѣнія угломѣрныхъ инструментовъ съ трубами.

Глава 11. Зрительная труба землемѣрныхъ приборовъ

§ 113. Назначеніе трубы въ угломѣрныхъ инструментахъ. Составныя части трубы. Намъ предстоитъ теперь заняться угломѣрными инструментами съ зрительными трубами. Разсмотримъ сперва отдѣльно устройство трубы. Зрительная труба въ угломѣрныхъ приборахъ служитъ визирнымъ снарядомъ, замѣняющимъ діоптры: въ трубу можно разсматривать отдаленные предметы, напр. вѣхи, не видимые простымъ глазомъ; наведеніе трубы на какую либо точку можетъ быть сдѣлано точнѣе, нежели наведеніе діоптровъ. Ввиду этихъ преимуществъ трубы, какъ визирнаго снаряда, угломѣрные инструменты съ трубами, хотя и имѣютъ сходство съ астролябями, но изготовляются точнѣе; части ихъ: лимбъ, нониусы, уровни, ось вращенія и пр. дѣлаются совершеннѣе, такъ что точность этихъ частей соответствуетъ болѣе сравнительно съ діоптрами точности визирванія трубой.

Зрительная труба землемѣрныхъ приборовъ, изображенная въ разрѣзѣ въ упрощенномъ видѣ на чертежѣ 290 состоитъ изъ объективнаго колѣна А и окулярнаго В; на концѣ объективнаго колѣна имѣется собирательное сферическое стекло С (двойное—см. слѣд. §), обращаемое къ разсматриваемому предмету и называемое объективомъ (т. е. предметнымъ). Окулярное колѣно меньшаго діаметра, входитъ въ объективное и можетъ быть перемѣщаемо съ помощью шестерни р и кремальерки т; на концѣ окулярнаго колѣна имѣется окуляръ D, къ которому приставляется глазъ; окуляръ состоитъ



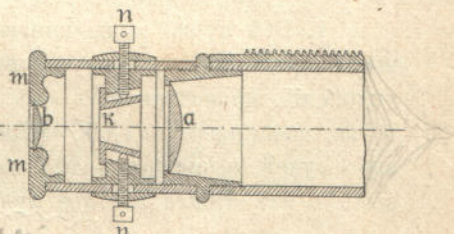
Чер. 290.

изъ двухъ стеколъ b и b . Въ окулярномъ колѣнѣ недалеко отъ окуляра находится такъ называемая сѣтка нитей или волосковъ k , состоящая въ простыхъ угломѣрныхъ инструментахъ изъ двухъ взаимно перпендикулярныхъ весьма тонкихъ паутиновыхъ нитей (чер. 291), натянутыхъ на кольцо t . Въмѣсто такихъ нитей употребляется еще сѣтка въ видѣ двухъ взаимно перпендикулярныхъ черточекъ, нанесенныхъ на тонкомъ стеклѣ. Точка пересѣченія нитей служитъ для наведенія ея на точку разсматриваемаго въ трубу предмета. Кольцо съ сѣткой можетъ перемѣщаться въ вертикальномъ и горизонтальномъ направленіи съ помощью 4-хъ винтиковъ n (двухъ—сверху и снизу и двухъ боковыхъ), называемыхъ исправительными винтами при сѣткѣ. Исправительные винты устраиваются двояко: 1) Винты могутъ тянуть къ себѣ кольцо t съ сѣткой (чер. 290), входя въ его боковыя стороны своей нарѣзкой и опираясь шляпками въ подкладки на стѣнкахъ окулярнаго колѣна, причемъ винты проходятъ свободно черезъ подкладки и стѣнки колѣна; само кольцо въ такомъ случаѣ скользитъ своей правой (на чертежѣ) плоскостью (обращенной къ объективу) по плоскости основанія трубки h , утолщенной въ лѣвомъ концѣ и плотно входящей въ окулярное колѣно. 2) Винты могутъ толкать отъ себя кольцо съ сѣткой (чер. 292); кольцо имѣетъ здѣсь справа коническую расширяющуюся часть, въ которую и упираются винты, вращающіеся своей нарѣзкой въ утолщенной части стѣнокъ окулярнаго колѣна.



Чер. 291.

На объективъ иногда надѣвается трубка для устраненія посторонняго свѣта, особенно солнечныхъ лучей. Внутренняя поверхность этой трубки, а также и всей зрительной трубы окрашивается въ черный матовый цвѣтъ для избѣжанія отблеска лучей. Когда инструментъ не въ работѣ, то на объективъ надѣвается крышка для его защиты.



Чер. 292.

§ 114. Подробности въ устройствѣ объектива и окуляра трубы.

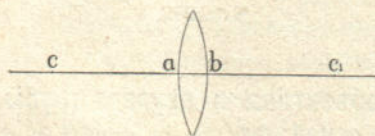
Сферическая и хроматическая абберрація лучей. Объективъ трубы (чер. 290) состоитъ изъ двухъ сложенныхъ вмѣстѣ сферическихъ стеколъ d и g ,

приготавливаемыхъ изъ разныхъ сортовъ стекла и образующихъ одно соби-
рующее стекло. Окуляръ, состоящій тоже изъ двухъ стеколъ и называе-
мый сложнымъ, бываетъ либо системы Рамсдена (чер. 290), либо системы Гюй-
генса (чер. 292). Первый изъ нихъ, болѣе употребительный, состоитъ изъ
двухъ выпуклыхъ стеколъ *b*, вставленныхъ въ одну трубочку *a* на неизвѣст-
номъ разстояннн одно отъ другого; сѣтка нитей находится за стеклами.
Второй же (Гюйгенса) состоитъ изъ двухъ плосковыпуклыхъ стеколъ, обо-
щенныхъ своими выпуклостями къ объективу; сѣтка здѣсь находится между
стеклами; стекло *a* (чер. 292) называется собирательнымъ, а стекло *b* слу-
житъ собственно окуляромъ; стекло *b* вставлено въ отдѣльную трубочку и
можетъ выниматься независимо отъ стекла *a*.

Объективъ и окуляръ трубы дѣлаются двойными для уничтоженнн
сферической и хроматической аберраціи лучей въ стеклахъ. Сферическая
аберрація (уклоненіе) есть свойство сферическихъ стеколъ, по которому
лучи свѣта, вышедшіе изъ одной точки и упавшіе на такое стекло, не пере-
сѣются послѣ преломленія все точно въ одной точкѣ, а дадутъ нѣсколько
растянутое изображеніе свѣтящейся точки; особенно уклоняются лучи,
идущіе у краевъ стекла. Хроматическая (цвѣтная) аберрація есть свойство
сферическихъ стеколъ разлагать проходящій черезъ нихъ „бѣлый“ лучъ
на цвѣтные составные лучи, вслѣдствіе чего изображенія освѣщенныхъ пре-
метовъ, даваемая этими стеклами, окрашены. Обѣ эти аберраціи вредятъ
отчетливости изображеній предметовъ, разсматриваемыхъ въ трубу; онѣ
устраняются устройствомъ объектива и окуляра изъ двухъ стеколъ такъ,
что одно стекло нарушаетъ желательный для насъ правильный ходъ
лучей, а другое возстановляетъ; кромѣ того для уменьшенія сферической
аберраціи въ трубѣ вставлены кольцеобразныя перегородки *г*, задерживающія
лучи, идущіе отъ краевъ стекла; перегородки эти называются діафрагмами.

§ 115. Свойства собирающихъ сферическихъ стеколъ. Для объ-
ясненія полученія изображеній въ трубѣ припомнимъ главныя свойства дво-
яковыпуклыхъ или вообще собирающихъ сферическихъ стеколъ.

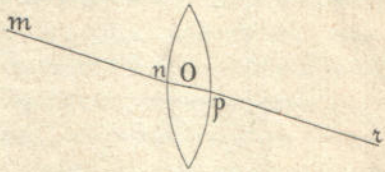
1. Все лучи, вышедшіе изъ одной точки и упавшіе на такое стекло,
послѣ преломленія соберутся въ одной точкѣ, если не считать небольшихъ
уклоненій, происходящихъ отъ аберраціи. Поэтому чтобъ найти изображеніе
точки, даваемое стекломъ, нужно найти точку пересѣченія двухъ какихъ-
либо лучей, вышедшихъ изъ нашей свѣтящейся точки: гдѣ пересѣкутся по-
выходъ изъ стекла эти два луча, тамъ же соберутся и остальные лучи.



Чер. 293.

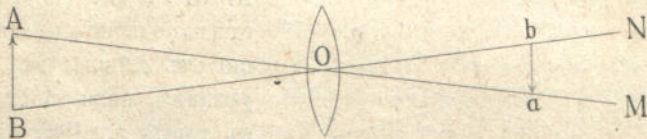
2. Главной осью сферическаго стекла называется линія, соединяющая центры *c* и *с₁* (чер. 293) шаровыхъ поверхностей, огра-
ничивающихъ стекло; эта линія перпендику-
лярна къ обѣимъ поверхностямъ стекла и
проходитъ черезъ середины ихъ *a* и *b*.

3. Оптическимъ центромъ стекла называется та точка въ стеклѣ, черезъ которую лучи проходятъ, не мѣняя своего направленія, т. е. до и послѣ прохожденія черезъ стекло направленіе луча одно и то же; лучъ, падающій на стекло, и лучъ выходящій (черт. 294) въ этомъ случаѣ параллельны между собою; приблизительно, вслѣдствіе малой толщины стекла, можно сказать, что mp есть прямая линія. Оптическій центръ лежитъ на главной оси стекла.



Черт. 294.

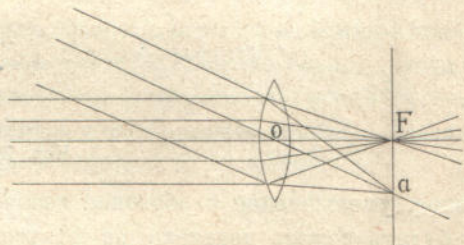
4. Всякая прямая линія, проходящая черезъ оптическій центръ стекла и не совпадающая съ главной осью, называется побочной осью стекла, напр. линія AM (чер. 295). Побочная ось имѣетъ для насъ важное значеніе при построеніи изображеній предметовъ, даваемыхъ стеклами. Дѣйствительно, имѣемъ свѣтлый (или освѣщенный) предметъ AB ; проведемъ



Черт. 295.

черезъ концы его побочныя оси AOM и BON ; лучъ AO послѣ прохожденія черезъ стекло пойдетъ по OM ; слѣдовательно изображеніе точки A получится гдѣ то на линіи AM (въ томъ мѣстѣ, гдѣ съ лучемъ AM пересѣкутся другіе лучи); точно также изображеніе точки B получится на линіи BN ; а потому изображеніе всего предмета будетъ заключаться въ углѣ между линіями AM и BN , напр. въ положеніи ab . Такимъ образомъ, проведя побочныя оси отъ концовъ предмета, мы до нѣкоторой степени опредѣлимъ положеніе изображенія предмета.

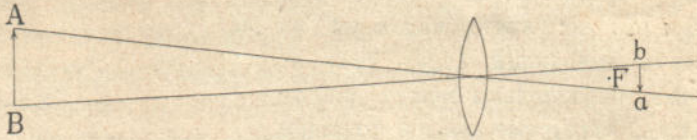
5. Лучи, идущіе отъ очень удаленнаго предмета и падающіе на стекло параллельно главной оси, послѣ преломленія соберутся въ точкѣ F (чер. 296), лежащей на главной оси и называемой главнымъ фокусомъ стекла. Лучи, идущіе параллельно побочной оси, соберутся въ точкѣ a на побочной оси и притомъ въ плоскости, перпендикулярной къ главной оси и проходящей черезъ главный фокусъ. Разстояніе OF отъ оптическаго центра стекла до его главнаго фокуса называется фокуснымъ разстояніемъ стекла.



Черт. 296.

6. Обратнo—лучъ, идущій къ стеклу черезъ главный фокусъ его, пойдетъ послѣ преломленія параллельно главной оси стекла.

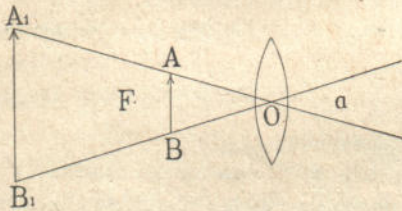
7. Отдаленные предметы дают действительное обратное и уменьшенное изображение вблизи главного фокуса—за фокусом (на чер. 297 имѣ-



Чер. 297.

емъ АВ отдаленный предметъ, ab—его изображение). Съ приближеніемъ предмета къ стеклу его изображение удаляется отъ фокуса, а слѣдовательно и отъ стекла. Предметъ и его изображение находятся въ этомъ случаѣ по разнымъ сторонамъ отъ стекла.

8. Если предметъ АВ помѣщенъ между главнымъ фокусомъ F и стекломъ (чер. 288), то онъ даетъ мнимое прямое увеличенное изображение



Чер. 298.

$A_1 B_1$ съ той же стороны стекла, гдѣ находится и предметъ, но дальше отъ стекла; это изображение увидимъ, если поставимъ глазъ въ точкѣ а. Чѣмъ ближе предметъ къ фокусу F, тѣмъ изображение его больше и тѣмъ оно дальше отъ стекла.

Замѣтимъ, что собирающія стекла въ серединѣ толще, чѣмъ по краямъ; стекла же, которыя въ серединѣ тоньше, разсѣиваютъ лучи.

§ 116. Полученіе изображеній въ трубѣ. Послѣ этихъ замѣчаній обратимся къ изображеніямъ предметовъ, даваемымъ стеклами трубы. Хотя въ трубѣ объективъ и окуляръ состоятъ изъ двухъ стеколъ, но такъ какъ каждый изъ нихъ въ общемъ собираетъ лучи, то и можетъ быть представленъ условно однимъ двояковыпуклымъ стекломъ, равносильнымъ тѣмъ двумъ стекламъ. Объективъ (чер. 299) зрительной трубы даетъ действительное, уменьшенное и обратное изображение ab отдаленнаго предмета АВ;



Чер. 299.

оно будетъ лежать недалеко за фокусомъ F объектива между побочными осями Aa и Bb, проведенными отъ концовъ предмета. Далѣе—окуляръ поставленъ такъ, что это изображение приходится между окуляромъ и его фокусомъ f, а потому окуляръ даетъ увеличенное мнимое изображение a'b', прямое по отношенію къ ab, но обратное по отношенію къ предмету АВ.

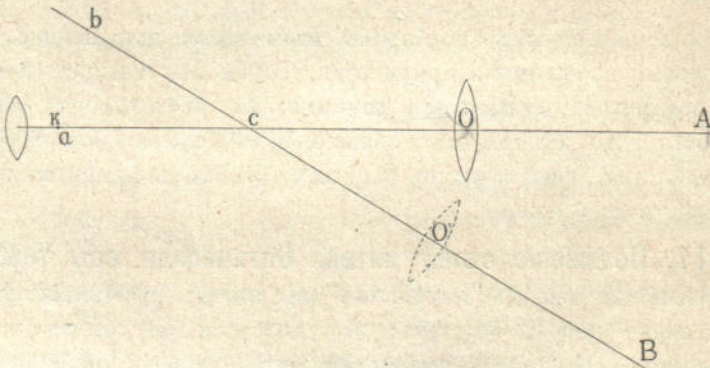
При разсматриваніи предметовъ въ трубу окуляръ устанавливается на такомъ разстояніи отъ изображенія ab , чтобы второе изображеніе $a'b'$ было отчетливо видно, т. е. чтобы $a'b'$ получилось на разстояніи яснаго зрѣнія отъ глаза, находящагося въ точкѣ M ; такъ какъ изображеніе ab мы передвинуть не можемъ (его положеніе въ трубѣ зависитъ отъ свойства объектива и разстоянія отъ насъ разсматриваемаго предмета), то мы должны окуляръ передвинуть на надлежащее мѣсто: именно, при разсматриваніи очень далекихъ предметовъ изображеніе ab получится ближе къ фокусу объектива, а слѣдовательно и къ объективу,—въ такомъ случаѣ окулярное колѣно вдвигается (съ помощью кремальерки), чтобы окуляръ сталъ на надлежащемъ разстояніи отъ ab ; при наведеніи же трубы на близкіе предметы изображеніе ab отходитъ вправо отъ фокуса F (чер. 299), и окулярное колѣно нужно выдвинуть тоже вправо.

Трубы землемѣрныхъ приборовъ называются астрономическими: онѣ даютъ обратныя изображенія предметовъ. Трубы же, дающія прямыя изображенія предметовъ, называются земными; въ нихъ кромѣ объектива и окуляра есть еще стекла для обращенія изображеній изъ обратныхъ въ прямыя; вслѣдствіе присутствія въ земныхъ трубахъ лишнихъ стеколъ уменьшается ясность изображенія.

§ 117. Положеніе сѣтки нитей. Оптическая ось трубы. Сѣтка нитей помѣщается передъ окуляромъ на такомъ разстояніи, чтобы была отчетливо видна черезъ окуляръ; это дѣлается при самомъ изготовленіи трубы; но для болѣе точной установки нитей относительно окуляра для даннаго глаза въ трубахъ съ окуляромъ Рамсдена передвигается трубочка a , заключающая стекла, вдоль оси трубы (чер. 290), въ окулярѣ же Гюйгенса передвигается трубочка mm (чер. 292), заключающая собственно окуляръ; если же трубочка mm не имѣетъ движенія, то перемѣщается сѣтка нитей по оси, для чего прорѣзы для винтовъ, поддерживающихъ кольцо сѣтки, удлинены вдоль оси трубы. Когда окуляръ или же сѣтка нитей надлежащимъ образомъ для глаза съемщика установлены по отношенію другъ къ другу въ окулярномъ колѣнѣ, то при наведеніи трубы на предметъ передвигается винтомъ все это колѣно до тѣхъ поръ, пока изображеніе предмета въ трубѣ не получится яснымъ. Это будетъ означать, что сѣтка совмѣстилась съ изображеніемъ предмета, даваемымъ объективомъ; дѣйствительно, сѣтка у насъ уже была ясно видна; такъ какъ теперь и изображеніе предмета стало отчетливо видно черезъ окуляръ, то сѣтка и изображеніе предмета совпали. Такимъ образомъ выдвиганіе окулярнаго колѣна до полученія яснаго для глаза изображенія предмета въ трубѣ равносильно съ выдвиганіемъ этого колѣна до совмѣщенія сѣтки нитей съ изображеніемъ, даваемымъ объективомъ.

Если бы труба предназначалась лишь для разсматриванія очертаній предметовъ, то сѣтки нитей въ ней не нужно было бы; но такъ какъ угломернымъ приборомъ мы должны измѣрить уголъ между двумя линиями на

мѣстности, то мы должны имѣть въ трубѣ такую неизмѣнную во время съемки линію, которую мы могли бы совмѣщать съ двумя сторонами угла; имѣя въ трубѣ пересѣченіе нитей, мы имѣемъ и требуемую линію; въ самомъ дѣлѣ, вообразимъ, что труба наведена по направленію одной изъ сторонъ угла, такъ что глядя въ окуляръ, мы видимъ, что пересѣченіе нитей (чер. 300) покрываетъ точку А, находящуюся на концѣ стороны угла; въ точкѣ К получимъ тогда изображеніе а точки А, даваемое объективомъ; прямая линія, соединяющая точку А на мѣстности съ изображеніемъ этой точки а или К въ трубѣ, какъ указано выше, пройдетъ черезъ оптический центръ О объектива; линія АК будетъ главной осью объектива или главной къ ней побочной осью. Повернемъ теперь трубу по направленію другой стороны измѣряемаго угла, такъ чтобы пересѣченіе нитей было направлено



Чер. 300.

на точку В; для этого нужно, чтобы продолженіе линіи КО прошло черезъ точку В; тогда только изображеніе точки В отъ объектива придется въ точкѣ К, т. е. пересѣченіе нитей покроетъ точку В. Такимъ образомъ одна и та же неизмѣняемая линія КО въ трубѣ будетъ наведена то по одной, то по другой сторонѣ угла. Эта линія, соединяющая оптический центръ объектива съ точкой пересѣченія нитей, называется оптической осью трубы; она имѣетъ большое значеніе при употребленіи зрительной трубы. Такъ какъ оптический центръ объектива есть точка въ стеклѣ единственная и вполнѣ опредѣленная, хотя и не отмѣченная никакимъ значкомъ, то положеніе оптической оси трубы будетъ неизмѣнно, пока пересѣченіе нитей въ трубѣ остается на мѣстѣ или, по крайней мѣрѣ пока мы его не передвигаемъ въ направленіи, перпендикулярномъ къ оси трубы. Выше мы видѣли, что кольцо съ сѣткой поддерживается винтами, съ помощью которыхъ можно передвигать сѣтку перпендикулярно въ оси трубы; вмѣстѣ съ передвиженіемъ сѣтки перемѣщается одинъ конецъ оптической оси трубы, а слѣдовательно мѣняется и направленіе этой оси; подобныя перемѣщенія сѣтки дѣлаются (если понадобится) передъ работой при повѣркѣ инструмента, какъ объ этомъ будетъ сказано ниже; во время же самой работы сѣтка нитей не тревожится. Замѣ-

тимъ, что при выдвиганіи окулярнаго колѣна изъ объективнаго положеніе оптической оси трубы не должно нарушаться, т. е. пересѣченіе нитей должно идти по направленію первоначальной оптической оси.

Геометрической осью трубы называется ось цилиндра, представляющаго объективное колѣно.

§ 118. Увеличеніе трубы. Если мы смотримъ на какой либо предметъ простымъ глазомъ, то уголь, образованный двумя линиями, идущими отъ глаза къ концамъ предмета, называется угломъ зрѣнія, подъ которымъ мы видимъ предметъ. Чѣмъ ближе къ намъ одинъ и тотъ же предметъ, тѣмъ больше уголь зрѣнія для него, и тѣмъ больше подробностей мы можемъ разобрать на немъ; такимъ образомъ отчетливость, съ которой мы видимъ подробности предмета, зависитъ не отъ величины предмета и этихъ подробностей, а отъ угла, подъ которымъ онъ виденъ намъ; этимъ объясняется, почему мы можемъ видѣть больше подробностей на маленькой фотографической карточкѣ чловѣка, которую держимъ въ рукахъ, нежели на самомъ чловѣкѣ, если онъ находится отъ насъ на нѣсколько десятковъ сажень.

Если на предметъ мы смотримъ въ трубу, то уголь между линиями, проведенными изъ глаза къ концамъ видимаго изображенія предмета, называется угломъ, подъ которымъ предметъ виденъ въ трубу. Видимое нами въ трубѣ мнимое изображеніе предмета меньше самого предмета, но такъ какъ оно близко отъ глаза, то уголь, подъ которымъ оно видно намъ, больше угла, подъ которымъ предметъ виденъ простымъ глазомъ.

Увеличеніемъ трубы называется отношеніе угла, подъ которымъ предметъ виденъ въ трубу, къ углу, подъ которымъ онъ виденъ простымъ глазомъ. Найдемъ зависимость увеличенія трубы отъ фокусныхъ разстояній объектива и окуляра трубы. Пусть глазъ находится въ точкѣ М (чер. 299); АВ—положеніе предмета. Такъ какъ предметъ находится далеко отъ трубы сравнительно съ длиной самой трубы, то для удобства разсмотримъ вмѣсто угла зрѣнія АМВ (на чер. не показанъ), подъ которымъ предметъ виденъ изъ точки М, равный ему (приблизительно) уголь АОВ. Замѣчаемъ, что $\angle AOB = \angle aOb$; и такъ величина угла, подъ которымъ предметъ виденъ простымъ глазомъ, измѣряется угломъ, образованнымъ побочными осями объектива, проведенными отъ его оптическаго центра къ концамъ дѣйствительнаго изображенія предмета, даваемаго въ трубѣ объективомъ. Проведя побочныя оси окуляра къ точкамъ а и b, получимъ уголь aOb , подъ которымъ предметъ виденъ въ трубу; слѣдовательно, увеличеніе трубы равно отношенію $\frac{\angle aOb}{\angle AOB}$. Лицію ab можно приблизительно, по ея малости, разсматривать, какъ дугу для двухъ центральныхъ угловъ aOb и aOb , описанную разными радіусами $Oa=R$ и $O'a=r$. Такъ какъ дуга эта одна и та же для обоихъ угловъ, а радіусы ея различны, то тотъ центральный уголь меньше, гдѣ радіусъ больше, и именно во столько разъ уголь меньше, во сколько разъ радіусъ

больше*); такимъ образомъ имѣемъ

$$\frac{\angle a o' b}{\angle a O b} = \frac{O a}{o' a} \text{ или } = \frac{O k}{o' k},$$

гдѣ k—точка пересѣченія нитей. (Oa и o'a равны прибл. Ok и o'k). Но такъ какъ фокусы объектива и окуляра находятся вблизи сѣтки, то вмѣсто Ok и o'k можно взять OF и o'f, т. е. фокусныя разстоянія объектива и окуляра.

Итакъ увеличеніе трубы равно

$$\frac{OF}{o'f},$$

т. е. равно отношенію фокусныхъ разстояній объектива и окуляра.

Чѣмъ больше фокусное разстояніе объектива и чѣмъ меньше фокусное разстояніе окуляра, тѣмъ сильнѣе труба увеличиваетъ; но уменьшать фокусное разстояніе окуляра нельзя произвольно, такъ какъ при этомъ будетъ уменьшаться и окуляръ и ясность изображенія; самое меньшее принятое фокусное разстояніе окуляра около $\frac{1}{2}$ дюйма; поэтому чтобъ достигъ большаго увеличенія трубы, приходится увеличивать фокусное разстояніе объектива, а слѣдовательно увеличивать и длину трубы.

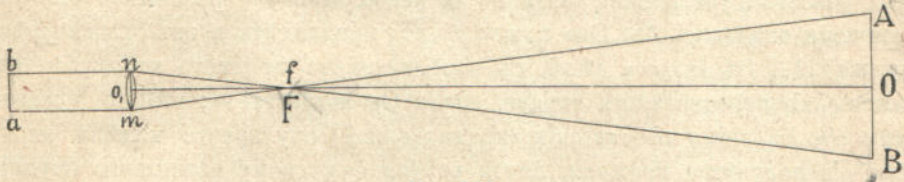
§ 119. Практическіе пріемы для опредѣленія увеличенія трубы.

Увеличеніе трубы на практикѣ не можетъ быть найдено точно по формулѣ $\frac{OF}{o'f}$, такъ какъ фокусныя разстоянія стеколъ трудно опредѣлить точно. Поэтому для опредѣленія увеличенія трубы можно поступать по одному изъ слѣдующихъ способовъ.

I. Устанавливаемъ окулярное колѣно такъ, чтобы фокусы объектива и окуляра совместились, а для этого нужно, чтобы въ трубу отчетливо былъ виденъ весьма удаленный предметъ, а еще лучше—звѣзда. Дѣйствительно изображеніе ея получится въ главномъ фокусѣ объектива и въ то же время на сѣткѣ нитей; а такъ какъ гл. фокусъ окуляра находится вблизи сѣтки, то оба фокуса почти совпадутъ. Потомъ обращаютъ объективъ трубы на свѣтлое небо; тогда объективъ будетъ освѣщенъ и будетъ представлять свѣтлый предметъ, стоящій передъ окуляромъ, а потому окуляръ дастъ уменьшенное дѣйствительное изображеніе объектива въ видѣ свѣтлаго кружка; это изображеніе принимаютъ на маленькій экранъ, поставленный перпендикулярно къ оси трубы; если черезъ d обозначимъ діаметръ этого изображенія, а черезъ D діаметръ отверстія объектива, то какъ сейчасъ увидимъ, увеличеніе трубы будетъ равно $\frac{D}{d}$. Дѣйствительно, пусть (чер. 301) AB=D есть діаметръ объектива, F и f—мѣста фокусовъ

*) Для поясненія этого замѣтимъ, что если N—число градусовъ въ углѣ aob, n—въ углѣ aOb, то дуга ab равна $\frac{2\text{п.р.}N}{360} = \frac{2\text{п.р.}n}{360}$; сокративъ, получимъ: r.N=R.n или $\frac{N}{n} = \frac{R}{r}$.

объектива и окуляра (приблизительно одна точка). Найдемъ на чертежѣ величину d ; для этого проведемъ отъ крайевъ діаметра AB лучи Af и Bf



Чер. 301.

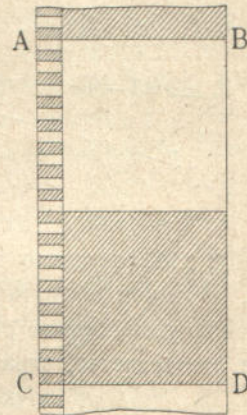
черезъ гл. фокусъ окуляра; лучи послѣ прохождения черезъ окуляръ mn пойдутъ по ma и nb параллельно главной оси его (§ 115,6); изображение ab діаметра объектива, данное окуляромъ и равное d , будетъ лежать между этими лучами (§ 115,1) и будетъ равно разстоянію между ними. Найдемъ теперь зависимость между AB и ab , т. е. между D и d .

Проведя линію mn , получимъ $mn=ab=d$, при чемъ $mn \parallel ab$. Затѣмъ изъ подобія тр-ковъ AFB и mfn имѣемъ

$$\frac{OF}{of} = \frac{D}{d};$$

но $\frac{OF}{of}$ есть увеличеніе трубы, слѣд. отношеніе $\frac{D}{d}$ тоже равно увеличенію трубы, что и требовалось доказать. Чтобы можно было точнѣе измѣрить величину d , на экранѣ (бумажной линейкѣ) нанесены мелкія дѣленія, и діаметръ свѣтлаго кружка опредѣляется по числу покрываемыхъ дѣлений.

2. Увеличеніе трубы можетъ быть найдено еще слѣдующимъ образомъ. Саженихъ въ 25 отъ трубы ставятъ вертикально брусокъ съ дѣленіями, напримѣръ рейку съ сотыми долями сажени, и наводятъ трубу на дѣленія; затѣмъ смотрятъ на рейку однимъ глазомъ въ окуляръ трубы, а другимъ мимо трубы непосредственно; тогда мы увидимъ двѣ рейки, покрывающія отчасти одна другую, такъ что можно сравнить, во сколько разъ дѣленія, видимыя въ трубу, крупнѣе дѣлений, видимыхъ простымъ глазомъ (чер. 302); для этого замѣчаемъ числа тѣхъ и другихъ дѣлений, заключающіяся въ какой либо длинѣ, напр. между линіями AB и CD ; если эти числа 30 и 2, то увеличеніе трубы $= 30 : 2 = 15$.



Чер. 302.

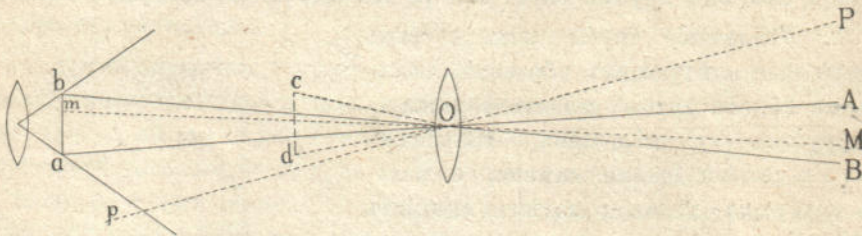
Трубы землемѣрныхъ приборовъ имѣютъ увеличеніе отъ 10 до 60.

Замѣтимъ еще, что увеличеніе трубы нѣсколько мѣняется въ зависимости отъ разстоянія разсматриваемаго предмета отъ трубы. Именно—съ

приближеніемъ предмета къ трубѣ увеличеніе возрастаетъ; такъ напримѣръ, при испытаніи (по 2-му способу), когда рейка была на разстояніи 32 саж., труба показала увеличеніе 33, а когда рейка стала на разстояніи 4,5 саж., увеличеніе оказалось 38. Это можно было предвидѣть и изъ разсмотрѣнія чертежа 299. Въ самомъ дѣлѣ, съ приближеніемъ предмета къ трубѣ изображеніе ab передвигается вправо, длина Oa возрастаетъ; что же касается длины $o'a$, то ввиду отодвиганія (кремальеркой) окулярнаго колѣна вправо длина $o'a$ получится прежняя, почти равная фокусному разстоянію окуляра, именно такая, чтобы изображеніе ab было намъ ясно видно. Слѣдовательно

увеличеніе трубы, которое $= \frac{Oa}{o'a}$, возрастетъ. Наименьшее увеличеніе получится, когда предметъ бесконечно далеко; (тогда Oa —наименьшее и равно фокусному разстоянію объектива). Такое именно увеличеніе опредѣляется по чертежу 301.

§ 120. Поле зрѣнія трубы. Яркость изображенія. Сравненіе окуляровъ Рамсдена и Гюйгенса. Поле зрѣнія трубы называется часть пространства, видимая въ трубу при неподвижномъ ея положеніи. Эта часть пространства имѣетъ видъ конуса AOB (чер. 303) съ вершиной въ оптическомъ центрѣ объектива и съ образующими AO и BO , продолженіе которыхъ проходитъ черезъ края кольца ab съ сѣткой нитей или черезъ края какой либо другой діафрагмы, задерживающей больше лучей; только тѣ точки пространства, которыя лежатъ внутри конуса AOB , будутъ видимы



Чер. 303.

въ трубу; дѣйствительно изображеніе какой либо точки M , лежащей внутри конуса, даваемое объективомъ, будетъ на продолженіи оси OM въ точкѣ m , лежащей внутри кольца сѣтки (304); мы же въ окулярѣ видимъ круглое свѣтлое пространство, ограниченное именно этимъ кольцомъ; слѣдовательно точка m будетъ намъ видна. Если же возьмемъ какую либо точку P (чер. 303), то ея изображенія p будетъ закрыто отъ насъ стѣнками кольца.



Чер. 304.

Величина поля зрѣнія можетъ быть измѣрена угломъ AOB при вершинѣ конуса или все равно угломъ aOb ; очевидно этотъ уголъ тѣмъ больше, чѣмъ отверстіе кольца больше. Но отверстіе кольца нельзя увеличивать по произволу, такъ какъ оно служитъ въ

в же время диафрагмой, задерживающей крайніе лучи, и такъ какъ окуляръ, стоящій передъ сѣткой, малъ. Съ другой стороны поле зрѣнія тѣмъ больше, тѣмъ меньше разстояніе Oa или, все равно, чѣмъ меньше фокусное разстояніе объектива; напримѣръ, если бы сѣтка нитей помѣщалась въ ed , то поле зрѣнія трубы измѣрилось бы угломъ eOd , бѣльшимъ угла aOb . Если не мѣнять отверстія диафрагмы съ сѣткой; то можно сказать, что поле зрѣнія трубы обратно пропорціонально фокусному разстоянію объектива, т. е. во сколько разъ уменьшимъ фокусное разстояніе объектива, во столько разъ увеличится поле зрѣнія трубы, но вмѣстѣ съ тѣмъ уменьшится во столько же разъ увеличеніе трубы (§ 118). Поэтому сильныя трубы, дающія большое увеличеніе (имѣющія большое фокусное разстояніе), имѣютъ очень малое поле зрѣнія. Малое поле зрѣнія не удобно потому, что тогда труднѣй увидѣть въ трубу предметъ, на который мы наводимъ ее,—больше времени нужно „искать“ предметъ.

Изображенія предметовъ, видимыя въ трубѣ, должны быть достаточно свѣтлы или достаточно ярки; яркость изображеній, или какъ говорятъ, яркость трубы зависитъ отъ большаго или меньшаго количества лучей, проходящихъ черезъ трубу и приходящихся на единицу площади видамаго изображенія; количество же лучей на единицу площади зависитъ отъ величины объектива и отъ увеличенія трубы; именно, чѣмъ объективъ больше и чѣмъ увеличеніе трубы слабѣе, тѣмъ изображеніе предмета будетъ ярче. Если желаемъ имѣть трубу съ большимъ увеличеніемъ, но—чтобы при этомъ яркость трубы не уменьшилась, то должны вмѣстѣ съ увеличеніемъ фокуснаго разстоянія объектива увеличивать и размѣры объектива.

Мы видимъ, что увеличеніе трубы, поле зрѣнія и яркость изображенія находятся между собой въ зависимости; въ землемѣрныхъ приборахъ, въ которыхъ труба должна быть болѣе или менѣе быстро наведена на предметъ, поле зрѣнія трубы должно быть большое, увеличеніе же слабое; при слабомъ увеличеніи и изображеніе будетъ ярче. При одинаковыхъ условіяхъ труба съ окуляромъ Рамсдена даетъ большее увеличеніе, нежели съ окуляромъ Гюйгенса, но зато труба Рамсдена имѣетъ меньшее поле зрѣнія и меньшую яркость изображенія. Въ угломѣрныхъ инструментахъ употребляется преимущественно трубы съ окуляромъ Рамсдена, какъ болѣе удобнымъ для установки его относительно сѣтки нитей и дающимъ болѣе правильное изображеніе сѣтки; изображеніе сѣтки при окулярѣ Рамсдена правильнѣе потому, что здѣсь сѣтка разсматривается черезъ двойное стекло, которое уничтожаетъ абerraцію, между тѣмъ какъ при окулярѣ Гюйгенса сѣтка разсматривается черезъ простое стекло (находится между стеклами).

§ 121. Установка трубы при работѣ. Параллаксъ сѣтки нитей.

При установкѣ и наведеніи трубы на предметъ выполняемъ слѣдующія дѣйствія.

1. Устанавливаемъ окулярную трубочку a , передвигая ее, (чер. 290) трубочку m (чер. 292) (или же сѣтку нитей, если трубочка m не имѣ-

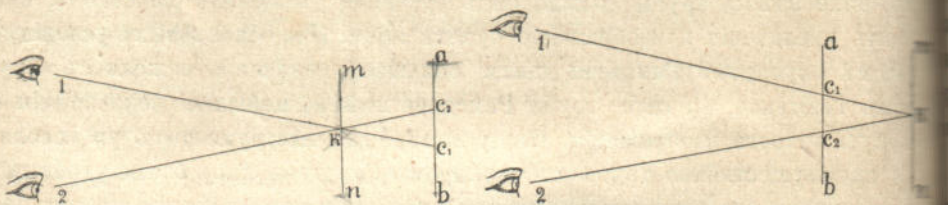
еть движенія) въ окулярномъ колѣнѣ такъ, чтобы нити сѣтки при нѣи трубы на небо или на бѣлую стѣну представлялись отчетливыми ми чертами; при этомъ такъ какъ сѣтка нитей остается неподвижной, будетъ измѣняться разстояніе окуляра отъ сѣтки; для разныхъ глазъ будетъ различная установка. Сдѣланная установка можетъ быть сохранена на все время работы данного лица.

2. При наведеніи трубы на предметъ (на вѣху) выдвигаемъ окулярное колѣно съ помощью кремальерки до тѣхъ поръ, пока изображеніе предмета не будетъ отчетливо видно.

3. Послѣ этого смотримъ, не имѣетъ ли сѣтка параллакса, т. е. перемѣщается ли пересѣченіе нитей по изображенію предмета при движеніи глаза передъ окуляромъ немного въ ту или другую сторону; подобное обстоятельство мѣшаетъ точному наведенію трубы на какую либо точку предмета; параллаксъ бываетъ въ томъ случаѣ, когда сѣтка нитей не совпадаетъ точно съ изображеніемъ предмета, даваемымъ объективомъ трубы. Действительно, пусть mn (чер. 305) положеніе сѣтки нитей (видъ сбоку), ab — изображеніе предмета, даваемое объективомъ; тогда при перемѣщеніи глаза изъ положенія 1 въ положеніе 2 мы увидимъ, что пересѣченіе нитей к перемѣстится по изображенію предмета изъ точки c_1 въ точку c_2 , т. е. въ направленіи обратномъ движенію глаза.

Другой случай параллакса получится, если изображеніе ab находится между глазомъ и сѣткой (чер. 306). Въ этомъ случаѣ при перемѣщеніи глаза книзу будетъ казаться, что пересѣченіе нитей перемѣщается по предмету тоже книзу.

Существованіе параллакса показываетъ, что мы еще не установили окончательно окулярное колѣно кремальеркой; поэтому продолжаемъ перемѣщать все окулярное колѣно, пока параллаксъ не исчезнетъ. Но при этомъ



Чер. 305.

Чер. 306.

можетъ иногда случиться, что ясность, т. е. отчетливость изображенія предмета пострадаетъ; тогда мы должны, не трогая всего окулярнаго колѣна, передвинуть лишь немного окуляръ относительно сѣтки, а слѣдовательно и относительно изображенія предмета, пока это изображеніе не будетъ ясно. При этомъ ясность изображенія сѣтки не пострадаетъ, такъ какъ сѣтка совпадаетъ съ изображеніемъ предмета, а для изображенія предмета мы достигаемъ именно наибольшей ясности указаннымъ передвиженіемъ одного окуляра.

Если окуляръ не имѣетъ движенія, а подвижна сѣтка, то для уничтоженія параллакса перемѣщаемъ кольцо съ сѣткой нитей вдоль оси, пользуясь продолговатыми прорѣзами для винтовъ, пока параллаксъ не исчезнетъ.

§ 122. Повѣрки трубы.

1. Труба должна давать отчетливыя и подобныя изображенія разсматриваемыхъ предметовъ. Для повѣрки дѣлаемъ на бѣлой доскѣ или бумагѣ черной краской небольшія правильныя фигуры: круги, квадраты (размѣромъ около 1"), выставляемъ эту доску на освѣщенное мѣсто саженьяхъ въ 30 отъ трубы и наблюдаемъ въ трубу, отчетливы ли изображенія фигуръ и не измѣнилась ли ихъ форма.

2. Окулярное колѣно не должно имѣть колебаній въ объективномъ и при выдвиганіи его кремальеркой положеніе оптической оси трубы не должно измѣняться, т. е. всѣ положенія точки пересѣченія нитей должны находиться на одной прямой съ оптическимъ центромъ объектива. Для устраненія колебанія окулярнаго колѣна служитъ особая пружинка, находящаяся въ переднемъ концѣ (со стороны съемщика) объективнаго колѣна и давящая на окулярное. Повѣрка неизмѣнимости оптической оси трубы при выдвиганіи окулярнаго колѣна изложена ниже въ связи съ повѣркой приборовъ съ трубами (теодолита и нивелира).

3. Нити сѣтки, а слѣдовательно и оптическая ось трубы должны быть установлены надлежащимъ образомъ съ помощью винтиковъ, служащихъ для этого. Этотъ очень важный вопросъ будетъ также разсмотрѣнъ въ дальнѣйшемъ при повѣркахъ угломѣрныхъ инструментовъ съ трубами, а затѣмъ при повѣркахъ нивелировъ.

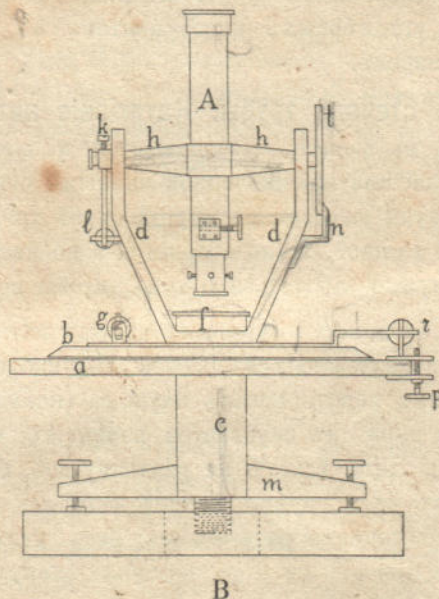
§ 123. Чистка стеколъ трубы. Натяженіе нитей сѣтки.

Стекла въ случаѣ надобности въ чисткѣ вывинчиваются и вытираются осторожно мягкой тряпкой—сухой или же смоченной виннымъ спиртомъ; въ послѣднемъ случаѣ они до суха вытираются другой сухой тряпкой. Можно вытирать стекла и мягкой замшей. Пыль стирается волосяной кисточкой. Вообще при чисткѣ стеколъ нужно заботиться о томъ, чтобы не поцарапать стекла.

Если явится необходимость съемщику самому натягивать нити сѣтки, для этого удобно воспользоваться свѣжей паутиновой нитью, даваемой обыкновеннымъ чернымъ коротконогимъ паукомъ (поймавъ паука, сажаютъ его на руку; съ края руки онъ спускается внизъ въ воздухъ по свѣжей выпускаемой паутинѣ). Нить, взятую на раздвинутыя ножки циркуля, нѣкоторое время держать надъ парами горячей воды или просто дышать на нее, причемъ ножки постепенно раздвигаютъ; нить удлинняется и дѣлается больше. Затѣмъ накладываютъ нить съ помощью циркуля на кольцо сѣтки, вынутое изъ трубы и очищенное; при этомъ стараются положить ее точно по черточкамъ на кольцѣ; на концы нити пускаютъ небольшія капли обыкновеннаго спиртоваго лаку (скоро сохнущаго). Когда лакъ засохнетъ, лишніе концы нитей удаляютъ.

Глава 12. Угломерные инструменты съ зрительными трубами.

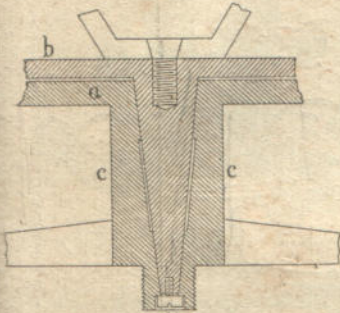
§ 124. Общій видъ угломернаго инструмента съ трубой. Все угломерные инструменты съ зрительными трубами по существу схожи между собою; разница между ними заключается лишь въ подробностяхъ и формѣ отдѣльныхъ частей. Поэтому разсмотримъ сперва общій видъ таковаго инструмента, показанный на чер. 307. Здѣсь *a*—лимбъ; по краю его нанесены градусныя дѣленія отъ 0 до 360; лимбъ поддерживается на треножничѣ *m* съ подъемными винтами; при этомъ лимбъ бываетъ либо наглухо соединенъ съ цилиндрической полой частью *c* (со втулкой) и съ треножничкомъ (чер. 308), либо имѣеть внизу вертикальную коническую (полую) ось, проходящую черезъ втулку *c*, такъ что лимбъ можетъ вращаться на этой оси (чер. 309); въ послѣднемъ случаѣ при втулкѣ *c* и треножничкѣ имѣются зажимательный и микрометричный винты для закрѣпленія или же медленнаго вращенія лимба. На лимбѣ помѣщается алидадный кругъ *b*, у котораго внизу имѣется вертикальная коническая ось, входящая во втулку *c* треножника (чер. 308), либо въ коническое отверстие, имѣющееся въ оси лимба (чер. 309). Алидадный кругъ имѣеть на своемъ краю два нониуса, расположенные одинъ противъ другого по обѣ стороны центра и близко прилегающа



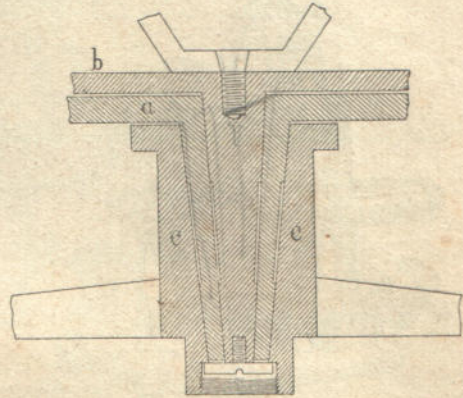
Чер. 307.

къ дѣленіямъ лимба. Нониусы помѣщаются либо въ плоскости вращенія трубы (противъ окуляра и объектива трубы), либо въ другомъ мѣстѣ алидаднаго

круга. Для закрѣпленія алидады (алидаднаго круга) или же для сообщенія ей медленнаго вращенія имѣются винты—закрѣмительный *p* и микрометричный *г*. На алидадномъ кругѣ укрѣплены подставки *d*, поддерживающія такъ называемую горизонтальную ось *h* вращенія трубы *A*.



Чер. 308.



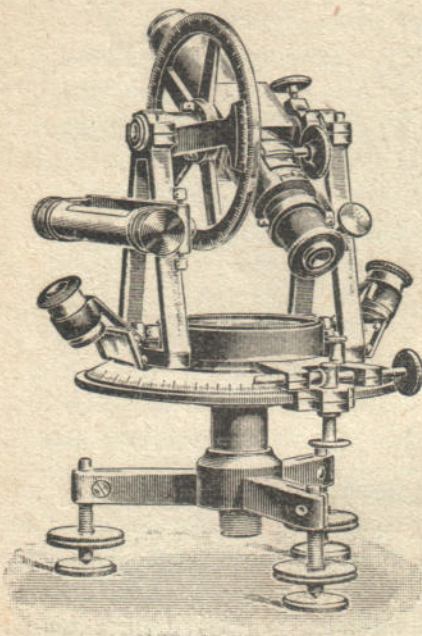
Чер. 309.

На томъ же алидадномъ кругѣ укрѣплена коробка буссоли *f*, а также цилиндрической уровень *g* (видъ съ конца), служащій для приведенія лимба въ горизонтальное положеніе (собственно—для приведенія оси вращенія алидады въ отвѣсное положеніе); уровень можетъ быть укрѣпленъ не на алидадномъ кругѣ, а на подставкѣ *d*; при уровнѣ имѣются исправительные винты. На одномъ изъ концовъ горизонтальной оси *h* укрѣпляется вертикальный секторъ либо цѣлый кругъ *t* съ градусными дѣленіями, поворачивающійся вмѣстѣ съ вращеніемъ трубы; къ подставкѣ *d* прикрѣпленъ неподвижно нониусъ *n* или же алидада съ двумя нониусами для отсчитыванія на вертикальномъ кругѣ уголъ наклоненія трубы къ горизонту; иногда вертикальный кругъ прикрѣпляется неподвижно къ подставкѣ *d*, нониусъ же прикрѣпляется на концѣ горизонтальной оси вращенія. При другомъ концѣ той же оси имѣются винты—закрѣмительный *k* и микрометричный *l* для закрѣпленія или же медленнаго вращенія этой оси. Труба имѣетъ устройство, описанное выше. Весь инструментъ ставится на штативъ съ тремя ножками и закрѣпляется на немъ становымъ винтомъ. Для установки надъ точкой мѣстности служить отвѣсъ, привѣшиваемый къ крючку станового винта.

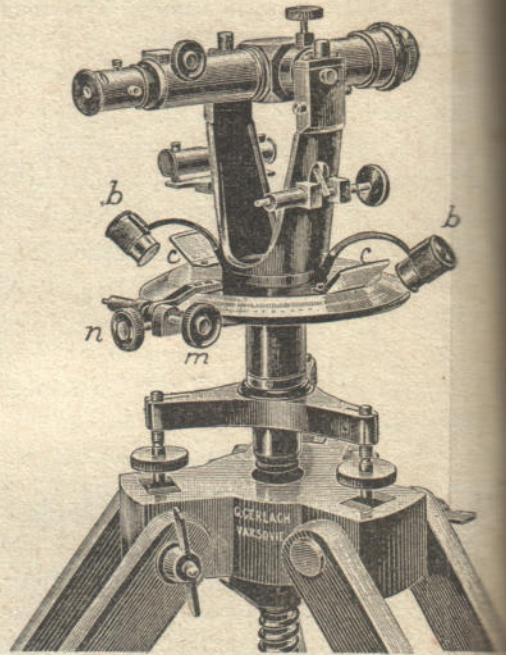
Мы видимъ, что зрительная труба въ этомъ приборѣ имѣетъ два вращенія: 1) около вертикальной оси вмѣстѣ съ алидаднымъ кругомъ, 2) около горизонтальной оси *h*. Плоскость, описываемая оптической осью трубы при ея вращеніи около горизонтальной оси, называется коллимаціонной плоскостью трубы; эта плоскость соотвѣтствуетъ коллимаціонной плоскости діоптровъ въ обыкновенной астролибіи.

§ 125. Разновидности угломѣрныхъ инструментовъ съ трубой. Теодолиты, пантометры. Угломѣрные инструменты, которыхъ устройство близко къ показанному на чер. 307, называются теодолитами; при этомъ

если лимбъ соединенъ наглухо съ треножникомъ, то теодолитъ называется простымъ (чер. 310 и 311); въ немъ винты—зажимательный *n* и микро-



Чер. 310.

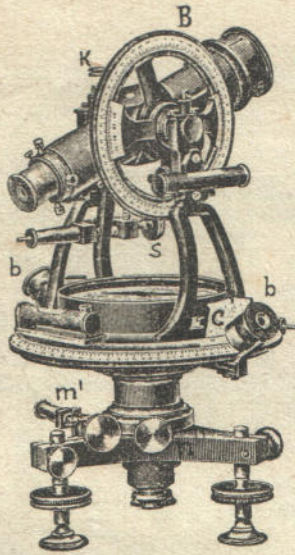


Чер. 311.

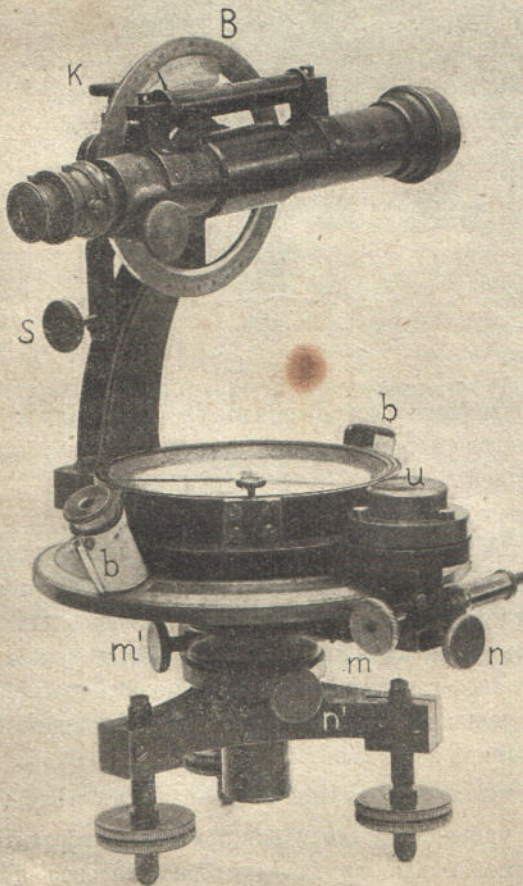
ренный *m* имѣются лишь при алидадномъ кругѣ. Если же лимбъ имѣетъ вращеніе (чер. 312—315), то теодолитъ называется повторительнымъ—по той причинѣ, что при употребленіи такого теодолита углы между линіями мѣстности могутъ быть измѣряемы легко на разныхъ частяхъ лимба, причѣмъ измѣреніе одного и того же угла можетъ быть повторено: лимбъ переставляется въ разные положенія вращеніемъ на оси. Въ повторительныхъ теодолитахъ имѣются винты зажимательный *n'* и микрометричный *m'* для закрѣпленія или же медленнаго вращенія лимба—кромѣ такихъ же винтовъ при алидадѣ.

Теодолиты, какъ видно и на приведенныхъ чертежахъ, могутъ еще отличаться одинъ отъ другого формой подставки, поддерживающей трубу, расположеніемъ уровней и т. д.

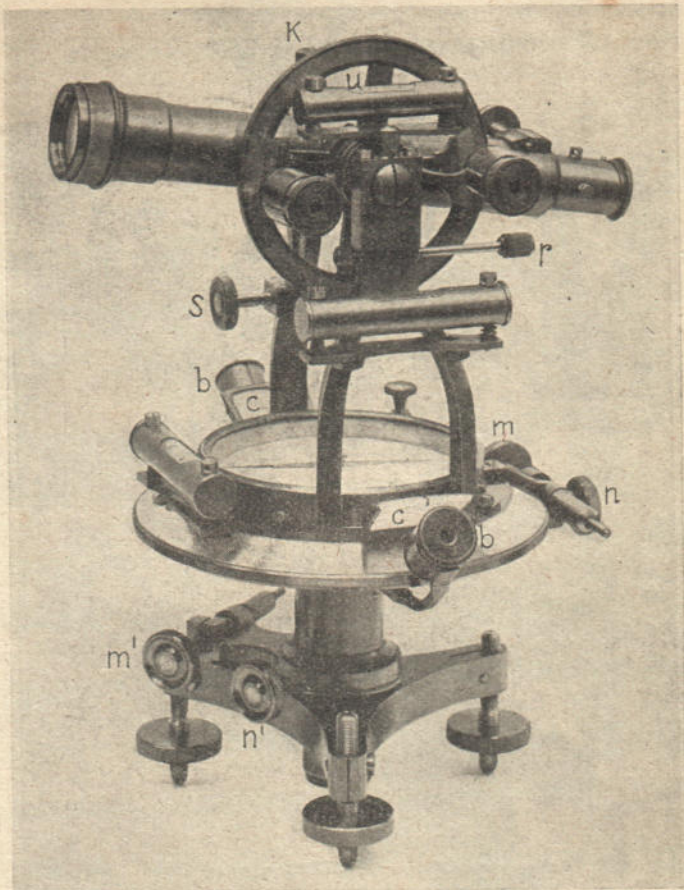
Труба прибора вращается на горизонтальной оси, концы (цапфы) которой лежатъ въ гнѣздахъ обыкновенно на двухъ полставкахъ. На чер. 313 изображенъ теодолитъ (работы Герляха—прежней конструкціи), труба котораго держится на одной подставкѣ, вращаясь въ горизонтальной втулкѣ съ помощью своей удлиненной горизонтальной оси. Такое устройство облегчаетъ доступъ къ имѣющейся при теодолитѣ буссоли для отсчитыванія румбовъ; но подставка эта, имѣя малую площадь опоры (подшвы), очень



Чер. 312.



Чер. 313.



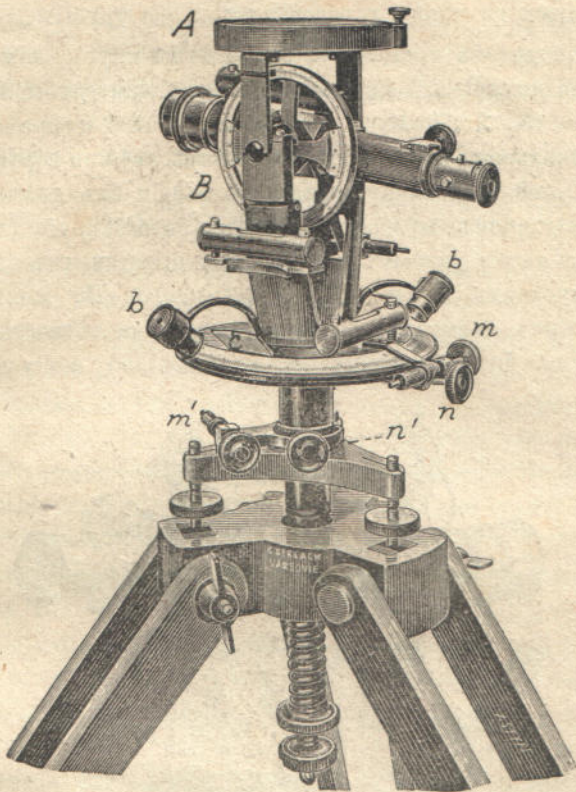
Чер. 314.

чувствительна ко всякимъ сотрясеніямъ и давленіямъ: вслѣдствіе этого легко разстраивается положеніе оптической оси трубы, самой нѣжной и важной части прибора.

Въ однихъ приборахъ труба можетъ вращаться на осѣ на полный оборотъ, т. е., какъ говорятъ, можетъ быть переводима черезъ зенитъ (зенитъ—точка по вертикали на небесномъ сводѣ надъ нашей головой); въ другихъ же, вслѣдствіе малой вышины подставокъ и большой длины трубы, она не переводима черезъ зенитъ. Закрѣпленіе трубы въ какомъ либо положеніи въ вертикальной плоскости дѣлается съ помощью зажимного винта *k* (чер. 312, 313, 314), а медленное вращеніе въ той же плоскости—съ помощью микрометричнаго винта *s* (послѣ зажатія винта *k*).

Уровни въ теодолитахъ служатъ для разныхъ цѣлей.

1) Имѣются уровни, служащіе для приведенія вертикальной оси прибора въ отвѣсное положеніе или лимба—въ горизонтальное положеніе, т. е. для установки прибора (съ помощью подъемныхъ винтовъ его); они укрѣпляются



Чер. 315.

безразлично либо на алидадномъ кругѣ, либо при подставкѣ трубы (подставка же связана съ алидадой). Если такихъ уровней два (обыкновенно—одинъ на алидадномъ кругѣ, а другой при подставкѣ) то они расположены перпендикулярно другъ къ другу. вмѣсто двухъ взаимно перпендикулярныхъ цилиндрическихъ уровней употребляется иногда одинъ круглый при алидадѣ, какъ уровень u на чер. 313.

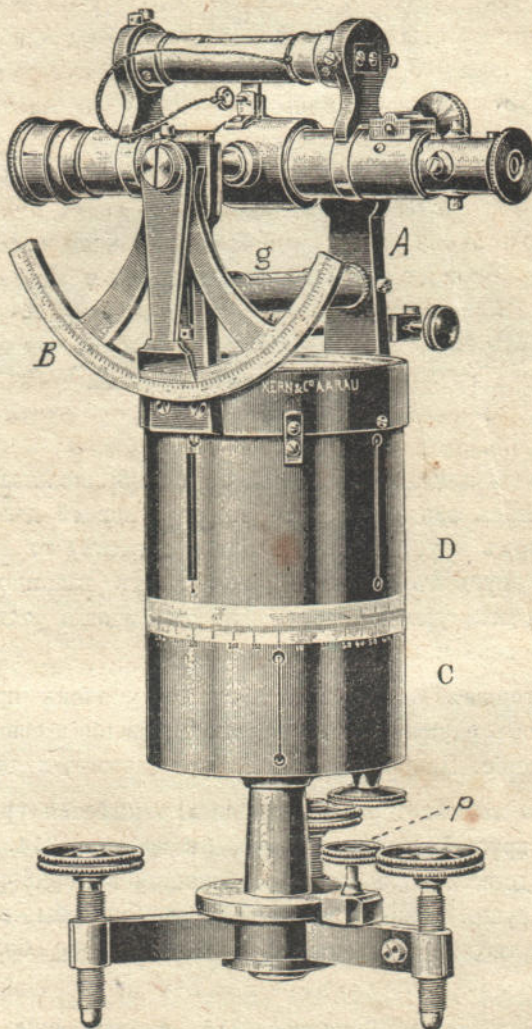
2) Въ нѣкоторыхъ теодолитахъ имѣется уровень при трубѣ сверху (чер. 313, 315); онъ служитъ для быстрого приведенія оси трубы въ горизонтальное положеніе. Приборъ можетъ тогда служить и для нивелированія.

3) Наконецъ въ нѣкоторыхъ теодолитахъ имѣется уровень при алидадѣ вертикальнаго круга B , наприм. уровень u на чер. 314. Такое расположеніе уровня представляетъ важную особенность въ приборѣ: оно вноситъ, какъ увидимъ, существенное улучшеніе въ способы измѣренія вертикальныхъ угловъ; теодолиты съ такимъ уровнемъ все болѣе входятъ въ употребленіе.

Теодолитъ, изображенный на чер. 315, имѣетъ еще ту особенность, что въ немъ буссоль A —съемная; для удобства отсчитыванія она вынесена

наружу и ставится над зрительной трубой съ помощью особыхъ вилокъ, которыя опираются на концы горизонтальной оси трубы.

Если въ теодолитѣ нониусы на алидадномъ кругѣ лежатъ по концамъ діаметра, перпендикулярнаго къ плоскости вращения трубы, то они называются „правый“ и „лѣвый“; нониусы еще обозначаются цифрами I и II. На алидадѣ при вертикальномъ кругѣ нониусы стоятъ либо по вертикальной либо по горизонтальной линіи (приблизительно); положеніе ихъ должно быть согласовано съ положеніемъ нулевого діаметра этого круга (см. § 128, п. 7). Точность нониусовъ въ разныхъ теодолитахъ бываетъ отъ 1' до 10"; для многихъ практическихъ цѣлей (напр. при проведеніи желѣзныхъ дорогъ, при хозяйственныхъ съемкахъ) бываетъ достаточна точность въ 1 минуту или въ ½ минуты. Для облегченія отсчитыванія по нониусамъ надъ ними



Чер. 316.

помѣщаются постоянныя лупы *b*, перемѣщаемыя вмѣстѣ съ движеніемъ алидады. Для освѣщенія дѣлений возлѣ ноніусовъ ставятся наклонныя щитки *c*, называемыя иллюминаторами. Замѣтимъ, что иногда лимбъ въ теодолитахъ бываетъ закрытъ для предохраненія отъ пыли и грязи металлическимъ чехломъ, видна лишь часть дѣлений лимба у ноніуса для отсчета; металлическій чехоль движется вмѣстѣ съ ноніусомъ.

Нѣсколько болѣе отличается по виду приборъ, изображенный на чер. 316; онъ называется пантометромъ (съ трубой) и отличается отъ простаго пантометра съ діоптрами (гоніометра) тѣмъ, что надъ буссолью на особыхъ подставкахъ *A*, прикрѣпленныхъ къ краямъ коробки буссоли, помѣщается труба, вращающаяся на горизонтальной оси; труба здѣсь не переводима черезъ зенитъ. Уровень *g*, служащій для приведенія лимба въ горизонтальное положеніе, укрѣпленъ между подставками трубы: употребленіе его таково же, какъ если бы онъ былъ у одной изъ подставокъ или при алидадномъ кругѣ. На трубѣ помѣщается еще одинъ уровень, прикрѣпляемый къ трубѣ винтами, или же устанавливаемый на трубѣ ножками, какъ на чер. 316; онъ служитъ, какъ и въ теодолитѣ для приведенія трубы въ горизонтальное положеніе. На одномъ изъ концовъ горизонтальной оси вращенія трубы пантометра находится вертикальный кругъ или секторъ *B*. Діоптры и труба въ пантометрѣ располагаются такъ, что коллимаціонная плоскость трубы совпадаетъ съ коллимаціонной плоскостью одной пары діоптровъ въ верхнемъ цилиндрѣ пантометра. Можно сказать, что пантометръ съ трубой есть видоизмѣненіе инструмента, изображеннаго на чер. 307, а именно: въ пантометрѣ кольцо лимба расположено на верхнемъ краю нижняго цилиндра *C*, а алидадный кругъ замѣненъ другимъ цилиндромъ *D*—верхнимъ. Для закрѣпленія нижняго цилиндра служатъ зажимательный винтъ *p*.

Кромѣ этихъ приборовъ можно еще упомянуть объ астролябіи съ трубой; это есть обыкновенная астролябія, въ которой вмѣсто подвижныхъ діоптровъ имѣется зрительная труба, поддерживаемая на подставкахъ при алидадѣ; на концѣ горизонтальной оси трубы укрѣпленъ вертикальный кругъ или секторъ. Приборъ этотъ выходитъ изъ употребленія.

Нужно замѣтить, что въ теодолитахъ оси вращенія алидады и лимба представляютъ довольно длинныя конусы, что способствуетъ надежности вращенія; кромѣ того эти приборы отличаются большою плавностью и легкостью хода.

§ 126. Употребленіе угломѣрныхъ инструментовъ съ трубами.

Для измѣренія горизонтальнаго угла инструментъ устанавливается центромъ лимба надъ вершиною угла съ помощью отвѣса (центрируется); вмѣстѣ съ тѣмъ лимбъ приводится въ горизонтальное положеніе при помощи уровней. Дѣйствія эти подробно описаны при разсмотрѣніи установки астролябіи (§ 75). Здѣсь же приведемъ кратко лишь главныя указанія.

1. Установка прибора дѣлается въ такой послѣдовательности: сперва устанавливаемъ его приблизительно надъ точкой и приблизительно горизон-

тально; при этомъ полезно смотрѣть и на показанія уровня, чтобы меньше пришлось потомъ работать подъемными винтами, затѣмъ ставимъ точно на точку,—для чего иногда бываетъ нужно переставить весь приборъ со штативомъ, подымая за голову штатива и за ножки въ верхней части ихъ (зажавъ предварительно ножки винтами); тогда же ножки вдавливаются окончательно въ землю; наконецъ устанавливаемъ приборъ точно горизонтально.

2. При пользованіи подъемными винтами для приведенія лимба въ горизонтальное положеніе слѣдуетъ помнить, что винты (если работаютъ двумя) нужно вращать либо оба внутрь, либо оба наружу, и что пузырькъ всегда идетъ за большимъ пальцемъ лѣвой руки.

3. Если при теодолитѣ имѣются два цилиндрическихъ взаимно—перпендикулярныхъ уровня, либо одинъ круглый, то приведеніе лимба въ горизонтальное положеніе дѣлается безъ поворачиванія алидады; если же имѣется одинъ цилиндрической уровень, то алидаду приходится поворачивать, ставя уровень то на два винта, то на третій.

Замѣтимъ, что для болѣе быстрого и точнаго центрированія теодолитъ часто устриваютъ такъ, что онъ можетъ скользить на головѣ штатива; для этого отверстіе В (чер. 307) въ головѣ штатива расширено, а подъемные винты стоятъ на особыхъ подвижныхъ металлическихъ кружочкахъ. Становой винтъ при этомъ скольженіи нужно нѣсколько ослабить; послѣ же окончательной установки прибора становой винтъ подтягивается.

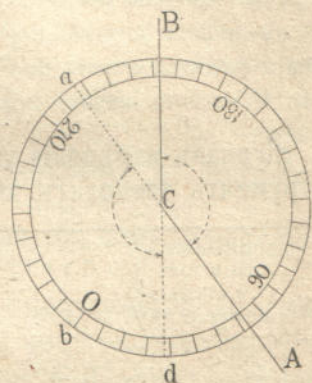
Когда приборъ установленъ, то для измѣренія угла лимбъ теодолита закрѣпляется въ какомъ либо положеніи зажимательнымъ винтомъ, труба вращеніемъ алидады (беруть за подставки трубы, но не за окуляръ) направляется по одной сторонѣ угла, и записывается показаніе одного или обоихъ нониусовъ: послѣднее дѣлается для освобожденія отсчета отъ вліянія эксцентрицитета алидады,—именно берется для минутъ полусумма показаній обоихъ нониусовъ. Затѣмъ труба поворачивается по направленію другой стороны угла и вновь записываются показанія нониусовъ. Разность отсчетовъ, полученныхъ при томъ и другомъ наведеніи трубы, дастъ намъ величину искомаго угла. Найденный уголъ повѣряется кромѣ того по румбамъ его сторонъ или же вторичнымъ измѣреніемъ угла на другой части лимба. Замѣтимъ, что повѣрка угла по румбамъ сторонъ очень приближительна; поэтому при работахъ, требующихъ большой точности, выгодиѣ дѣлать повѣрку угла вторичнымъ измѣреніемъ его, такъ какъ при этомъ способѣ мы не только повѣряемъ, нѣтъ ли грубой ошибки въ измѣреніи, но взявъ среднее изъ двухъ измѣреній угла, уменьшаемъ вліяніе мелкихъ погрѣшностей, происходящихъ отъ неточности наведенія и отсчитыванія и отъ нѣкоторыхъ неточностей, могущихъ быть въ самомъ приборѣ.

Для записи получаемыхъ результатовъ можно вести журналъ, подобный журналу при астролябической съемкѣ,—съ добавленіемъ еще одной вертикальной графы для записыванія показаній нониусовъ при наведеніи по каждой сторонѣ угла. Но вмѣсто такого журнала можно на самомъ абрисѣ снимаемой ломанной линіи для каждой стоянки прибора записывать румбы и

показанія нониусовъ и здѣсь же производить нужныя вычисления, т. е. вычитаніе отсчетовъ, получаемыхъ при наведеніи по одной и по другой сторонѣ угла, и повѣрку угловъ румбами, если послѣднюю повѣрку затруднительно произвести въ умѣ.

При измѣреніи угла теодолитомъ нужно обратить еще вниманіе на то, не проходитъ ли нуль нониуса черезъ нуль лимба въ то время, когда труба описываетъ измѣряемый уголь; въ этомъ случаѣ величина угла не будетъ равна разности отсчетовъ по нониусу, расположенному со стороны окуляра трубы; уголь будетъ измѣряться тогда суммою двухъ дугъ, какъ видно на чер. 317; здѣсь уголь АСВ измѣряется суммою дугъ ab и bd. Въ повторительныхъ теодолитахъ можно избѣжать этого, повернувъ лимбъ соответственной стороной.

Замѣтимъ, что повторительнымъ теодолитомъ уголь можно еще измѣрить слѣдующимъ образомъ. Вращеніемъ алидады ставимъ нуль нониуса на нуль лимба и закрѣпляемъ алидаду; затѣмъ вращеніемъ лимба наводимъ трубу по одной сторонѣ угла, именно по правой, если дѣленія лимба идутъ противъ часовой стрѣлки; закрѣпляемъ затѣмъ лимбъ, алидаду же освобождаемъ и наводимъ трубу вращеніемъ алидады по другой (лѣвой) сторонѣ угла. Отсчетъ по нониусу дастъ готовую величину угла. Если же дѣленія на лимбѣ идутъ по часовой стрѣлкѣ, то совмѣстивъ нуль нониуса съ нулемъ лимба, наводимъ трубу сперва по лѣвой сторонѣ угла, т. е. „впередъ“, а затѣмъ по правой, т. е. „назадъ“.



Чер. 317.

Этотъ способъ (совмѣщенія нуля нониуса съ нулемъ лимба) не представляетъ особенныхъ удобствъ; его можно примѣнять въ пантометрѣ, какъ въ инструментѣ менѣе точномъ.

При измѣреніи угла всякимъ землемѣрнымъ инструментомъ съ трубой мы должны быть увѣрены, что во время вращенія алидады при перемѣщеніи трубы отъ одной стороны угла къ другой лимбъ сохраняетъ неизмѣнное положеніе. Если является сомнѣніе въ этомъ, то мы должны послѣ наведенія трубы по второй сторонѣ угла и послѣ записи показаній продолжать вращать алидаду въ томъ же направленіи, пока труба не дойдетъ опять до первой стороны угла; нониусъ долженъ дать тогда отсчетъ, полученный раньше.

Какъ сказано выше, для полученія болѣе точныхъ результатовъ при измѣреніи угловъ теодолитомъ уголь измѣряется вторично на другой части лимба. Для этого лимбъ поворачиваютъ приблизительно на 90° и кромѣ того переводятъ трубу черезъ зенитъ, т. е. поворачиваютъ ее на горизонтальной оси на 180° ; послѣ этого придется алидаду повернуть на пол оборота, чтобы

къ глазу былъ опять обращенъ окуляръ трубы и тогда измѣряютъ уголъ вторично. Изъ полученныхъ двухъ результатовъ измѣренія берется средний, который, какъ увидимъ дальше, будетъ свободенъ отъ ошибокъ вызываемыхъ негочнымъ положеніемъ оптической оси трубы. Если теодолитъ простой, но приспособленъ такъ, что можетъ скользить на головѣ штатива, то ослабивъ становой винтъ, можемъ для вторичнаго измѣренія угла повернуть весь приборъ на головѣ приблизительно на 90°.

При точныхъ работахъ уголъ измѣряется и болѣе двухъ разъ на разныхъ частяхъ лимба. Затѣмъ берется среднее арифметическое изъ найденныхъ величинъ угла. При измѣреніи угловъ съ переводомъ трубы черезъ зенитъ всѣ отсчеты записываются въ журналъ, имѣющей прилагаемую ниже форму. Какъ при первомъ измѣреніи угла, такъ и при вторичномъ—послѣ перевода трубы черезъ зенитъ—въ журналѣ замѣчается, съ которой стороны отъ наблюдателя, смотрящаго въ трубу, находился вертикальный кругъ при трубѣ; К. П.—означаетъ „кругъ право“, К. Л.—„кругъ лѣво“. Если теодолитъ не имѣетъ вертикальнаго круга, то замѣчаютъ, вверху или же внизу трубы находится винтъ, выдвигающій окулярное колѣно: В. В.—винтъ вверху, В. Н.—винтъ внизу. Форма журнала слѣдующая.

**Журналъ измѣренія угловъ. Годъ и число мѣсяца. Съемщикъ NN.
Инструментъ теодолитъ №..... точность нониуса 1'.**

Точки стоянія	Названіе предметовъ (т. е. сторонъ угла).	Нониусы		Средній изъ отсчетовъ	Уголъ	Средній изъ угловъ	Примѣчаніе
		1	2				
I.		К. П.					
	Лѣвый . .	24°45'	47'	24°46'	93°38'	93°37,3'	
	Правый . .	118°23'	25'	118°24'			
		К. Л.					
Лѣвый . .	115°12'	11'	115°11,5'	93°37,5'			
Правый . .	208°48'	50'	208°49'				
II.		и	т.	д.			

Если при измѣреніи угловъ одновременно ведется и абрисъ, напр. при обходѣ участковъ для хозяйственныхъ съемокъ, то нѣкоторые работники даже при измѣреніи угловъ дважды съ переводомъ трубы черезъ зенитъ находятъ удобнымъ, для ускоренія записей, не вести отдѣльнаго журнала угловъ, а отмѣчаютъ измѣреніе угла дважды на самомъ абрисѣ по соседству съ вершиной угла, беря при каждомъ наведеніи полусумму показаній обоихъ нониусовъ въ умѣ и лишь записывая при первомъ измѣреніи угла 2 отсчета одинъ подъ другимъ (по двумъ наведеніямъ) и вычитая одинъ изъ другого, и затѣмъ, послѣ перевода трубы черезъ зенитъ, опять записывая два отсчета и вычитая. Это требуетъ мало мѣста и не усложняетъ абриса.

Относительно работы трубой замѣтимъ еще, что точность визированія трубой равна приблизительно 1', раздѣленному на увеличеніе трубы.

§ 127. Измѣреніе вертикальныхъ угловъ теодолитомъ и пантометромъ.

Когда приборъ вывѣренъ (см. повѣрку 7-ю слѣдующаго §), то уголъ наклоненія линіи мѣстности къ горизонту измѣряется слѣдующимъ образомъ. „Вертикальная“ ось вращенія прибора приводится въ отвѣсное положеніе по уровнямъ подъемными винтами; затѣмъ труба наводится на требуемую точку параллельно линіи мѣстности, т. е. на мѣтку вѣхи, находящуюся на такой же высотѣ надъ поверхностью земли, на какой и ось трубы. Величина угла читается на вертикальномъ кругѣ по нониусу или по двумъ нониусамъ—для освобожденія отъ вліянія эксцентрицитета алидады. Если линія мѣстности горизонтальна, то отсчетъ по нониусу долженъ быть 0°.

Замѣтимъ, что если при алидадѣ вертикальнаго круга имѣется уровень (чер. 314), то въ моментъ отсчитыванія по нониусу пузырьрекъ уровня подводится точно на середину особымъ микрометреннымъ винтомъ г, а потому въ этомъ приборѣ линія нулей алидады занимаетъ относительно горизонта всегда одно и то же направленіе, отъ котораго и берется дуга угла на вертикальномъ кругѣ; это направленіе алидады такимъ образомъ не зависитъ отъ большей или меньшей точности установки лимба прибора (подъемными винтами). Поэтому, во время работы необходимо лишь слѣдить внимательно за пузырькомъ уровня при алидадѣ круга.

§ 128. Повѣрки теодолита.

Передъ повѣркой теодолита, какъ и вообще передъ работой, нужно удостовѣриться, что всѣ части прибора имѣютъ плавный ходъ, провѣрить исправность дѣйствія винтовъ (подъемныхъ, зажимательныхъ, микрометренныхъ) и отсутствіе въ нихъ мертваго хода, а также провѣрить устойчивость прибора на головѣ штатива; для повѣрки устойчивости наводимъ трубу на какую либо точку и надавливаемъ слегка на части прибора: если пересѣченіе волосковъ будетъ, послѣ прекращенія надавливанія, возвращаться на прежнюю точку, то приборъ достаточно устойчивъ. Далѣе—въ значительной части повѣрки теодолита таковы же, какъ и повѣрки астролябіи (§ 77), а потому изложимъ ихъ здѣсь кратко. Повѣрки теодолита слѣдующія.

1. Дѣленія лимба и нониуса, а также вертикальнаго круга и его нониуса должны быть вѣрны.

Дѣленія лимба повѣряются измѣреніемъ одного и того же угла мѣстности на разныхъ частяхъ лимба. Если получаются результаты согласные, то дѣленія лимба вѣрны. Дѣленія нониуса повѣряются съ помощью вывѣренныхъ уже дѣленій лимба; именно—при совмѣщеніи каждаго штриха нониуса съ какимъ либо штрихомъ лимба сосѣдніе штрихи нониуса (справа и слѣва) должны одинаково отстоять отъ соотвѣтственныхъ штриховъ на лимбѣ; кромѣ того вся дуга нониуса должна содержать точно требуемое цѣлое число дѣленій лимба.

Дѣленія вертикальнаго круга можно приблизительно повѣрить имѣющагося при немъ нониуса.

2. Алидада не должна имѣть эксцентрицитета; если же имѣется, то это должно быть принято въ расчетъ при измѣреніи угловъ, т. е. нужно брать показанія по обоимъ нониусамъ.

Чтобы узнать, не имѣетъ ли алидада эксцентрицитета, смотримъ, каковыя ли числа минутъ получаются по обоимъ нониусамъ алидады въ различныхъ ея положеніяхъ на лимбѣ. Если замѣчается разница, то это свидѣтельствуетъ о существованіи эксцентрицитета. Въ такомъ случаѣ нужно при каждомъ наведеніи трубы брать полусумму минутъ по обоимъ нониусамъ; числа же градусовъ беремъ по одному нониусу алидады.

3. Уровень, параллельный коллимаціонной плоскости трубы или же уровень, прикрѣпленный къ трубѣ, долженъ имѣть чувствительность, соотвѣтствующую силѣ зрѣнія трубы.

Повѣряется слѣдующимъ образомъ: приводимъ лимбъ въ горизонтальное положеніе, направляемъ трубу на какойнибудь предметъ и замѣчаемъ точку, покрываемую пересѣченіемъ нитей (главнымъ образомъ—горизонтальнымъ волоскомъ) въ то время, когда пузырекъ уровня стоитъ какъ разъ на срединѣ. Затѣмъ, дѣйствуя подъемными винтами, сводимъ пузырекъ съ середины; при этомъ пересѣченіе нитей сойдетъ съ прежней точки. Далѣе—не трогая трубы, приводимъ пузырекъ опять на средину подъемными винтами: если при этомъ пересѣченіе нитей попадетъ на прежнюю точку предмета (т. е. не будетъ стоять ни выше, ни ниже ея), то уровень имѣетъ достаточную чувствительность.

4. Ось уровня (при алидадѣ или при подставкахъ трубы) должна быть перпендикулярна къ оси вращенія алидады.

Это повѣряется слѣдующимъ образомъ. Ставимъ уровень на два подъемныхъ винта вращеніемъ алидады и приводимъ пузырекъ на средину, дѣйствуя этими винтами; затѣмъ поворачиваемъ алидаду по лимбу ровно на 180° ; если при этомъ пузырекъ останется на срединѣ, то ось уровня перпендикулярна къ оси вращенія алидады; если же пузырекъ сойдетъ съ середины, то переводимъ его назадъ на половину отклоненія исправительными винтами при уровнѣ, на другую же половину—подъемными винтами; затѣмъ повторяемъ повѣрку. Для большей успѣшности исправленія уровня полезно ставить его и на третій подъемный винтъ, чтобы ось прибора не имѣла наклона въ сторону этого винта. Тогда одновременно съ повѣркой уровня будетъ сдѣлана и установка прибора въ горизонтальномъ положеніи.

5. Оси вращенія алидады и лимба должны совпадать.

Повѣряется слѣдующимъ образомъ. Приводимъ лимбъ въ горизонтальное положеніе или же (что одно и то же) ось вращенія алидады—въ вертикальное положеніе съ помощью уровня: если будемъ послѣ этого вращать алидаду на полный оборотъ, то пузырекъ все время будетъ оставаться на

средины. Затѣмъ для повѣрки 5-ой дѣлаемъ такой же полный оборотъ вращеніемъ не алидады, а лимба; если при этомъ пузырекъ тоже будетъ оставаться на серединѣ, то условіе 5 выполнено,—если же онъ теперь сходитъ съ середины, то это доказываетъ, что ось вращенія лимба не вертикальна, а слѣдовательно не совпадаетъ съ осью вращенія алидады. Исправить этого мы не можемъ; небольшое уклоненіе пузырька не мѣшаетъ особенно работѣ, такъ какъ при измѣреніи угла лимбъ стоитъ неподвижно.

6. Коллимаціонная плоскость трубы должна быть перпендикулярна къ плоскости лимба (собственно—должна быть параллельна оси вращенія алидады).

Эта повѣрка разбивается на слѣдующія двѣ:

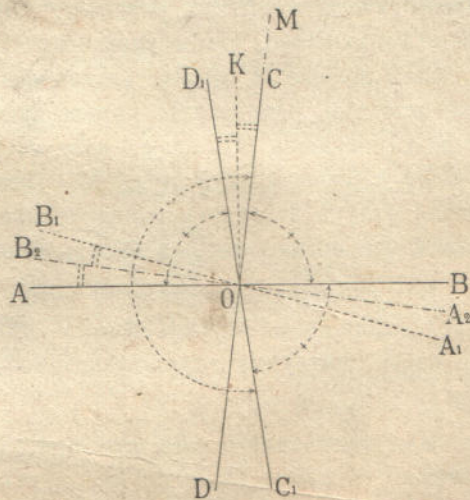
а) оптическая ось трубы должна быть перпендикулярна къ горизонтальной оси вращенія трубы; въ противномъ случаѣ оптическая ось трубы при вращеніи на горизонтальной оси будетъ описывать не плоскость, а конусъ;

б) горизонтальная ось вращенія трубы должна быть параллельна плоскости лимба (или перпендикулярна вертикальной оси вращенія прибора): тогда плоскость, описываемая оптической осью трубы, будетъ перпендикулярна плоскости лимба. Эти два условія повѣряются въ теодолитахъ различно, смотря по тому, переводима ли труба черезъ зенитъ или нѣтъ.

I. Возьмемъ сперва случай, когда труба переводима черезъ зенитъ.

а) Условіе а въ этомъ случаѣ повѣряется слѣдующимъ образомъ. Наводимъ пересѣченіе нитей трубы на какую либо отдаленную точку (можно при этомъ и не приводить лимбъ въ горизонтальное положеніе) и беремъ попарно сумму показаній обоихъ нониусовъ на лимбѣ (т. е. освобождаемъ отсчетъ отъ вліянія эксцентрицитета); затѣмъ переводимъ трубу черезъ зенитъ и наводимъ ее на ту же точку. Если при этомъ нониусы дадутъ прежнее показаніе, т. е. отсчетъ на лимбѣ, освобожденный отъ вліянія эксцентрицитета,

будетъ прежній, то оптическая ось трубы перпендикулярна къ ея горизонтальной оси. Если же отсчеты въ обоихъ случаяхъ будутъ не одинаковы, то оптическая ось трубы образуетъ съ горизонтальной осью вращенія уголъ, отличающійся отъ прямого на нѣкоторую величину, называемую коллимаціонной ошибкой трубы. Ошибка эта найдется слѣдующимъ образомъ: разность отсчетовъ на лимбѣ (при наведеніи на нашу точку) до и послѣ перевода трубы черезъ зенитъ раздѣлимъ на 2. Напр., если въ первый разъ



Чер. 318.

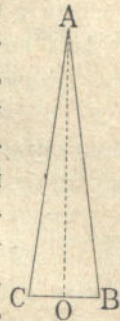
мы получили $128^{\circ}35'$, а послѣ перевода трубы черезъ зенитъ $128^{\circ}42'$ коллимаціонная ошибка равна $(128^{\circ}42' - 128^{\circ}35') : 2 = 3,5'$. Чтобы устранить эту ошибку, ставимъ вращеніемъ алидады (микрометричнымъ винтомъ нониуса на дѣленіе среднее между обоими полученными результатами, т. е. на $128^{\circ}38\frac{1}{2}'$; при этомъ лимбъ долженъ быть неподвиженъ. Пересѣченіе нитей которое было наведено передъ этимъ (при отсчетѣ $128^{\circ}42'$) на точку, сойdetъ съ нею. Теперь мы обратно переведемъ пересѣченіе нитей на ту же точку, но не вращеніемъ алидады, а дѣйствуя исправительными винтами при сѣткѣ. Тогда ошибка въ положеніи оптической оси и будетъ исправлена. Справедливость этого можно показать черт. 318. Пусть АВ первоначальное положеніе горизонтальной оси трубы, CD оптическая ось трубы, образующая съ горизонтальной осью (при существованіи ошибки) острый уголъ COB. Если провести $OK \perp AB$, то OK и есть коллимаціонная ошибка; найдемъ ее величину. Труба наведена на точку М; отсчетъ по нониусамъ даетъ, наприм., $128^{\circ}35'$. Переведемъ трубу черезъ зенитъ (вращеніемъ около оси АВ); тогда оптическая ось оплыветъ не плоскость, а конусъ и займетъ положеніе C_1D_1 , причеиъ $\angle COB = \angle C_1OB = \angle D_1OA$; объективъ будетъ въ точкѣ C_1 . Затѣмъ вращая алидаду, а вмѣстѣ съ нею и оптическую ось трубы на $\angle C_1OM$, обведемъ стрѣлкой, который больше 180° -ти на величину угла D_1OM , мы наведемъ достаточно пересѣченіе нитей на точку М; тогда горизонтальная ось трубы займетъ положеніе A_1B_1 , причеиъ $\angle BOA_1 = \angle D_1OM$. Отсчетъ получимъ $128^{\circ}42'$, большая ошибка прежняго. Разница двухъ отсчетовъ, т. е. $7'$, будетъ выражать $\angle D_1OC$, т. е. двойную коллимаціонную ошибку. Нониусъ ставимъ затѣмъ на среднее между нею дѣленіе между двумя отсчетами, т. е. на $128^{\circ}38\frac{1}{2}'$;—для этого алидаду, а съ нею и горизонтальную ось трубы придется повернуть назадъ на $3\frac{1}{2}'$; тогда оптическая ось займетъ положеніе ОК, а горизонтальная ось займетъ положеніе A_2B_2 . Уголъ B_2OK между этими осями остается пока прежній—острый. Уголъ же B_1OB_2 равенъ $\angle AOB_2 = \angle COK$; поэтому $\angle B_2OC$ —прямой; слѣдовательно, чтобы уничтожить коллимаціонную ошибку, мы должны не мѣняя положенія горизонтальной оси трубы, а слѣдовательно и положенія алидады, передвинуть оптическую ось ОК—перемѣщеніемъ сѣтки нитей до направленія ОМ, т. е. навести этимъ способомъ пересѣченіе нитей на нашу первоначальную точку М. Тогда обѣ оси—оптическая и горизонтальная будутъ взаимно перпендикулярны. При вращеніи трубы на горизонтальной оси оптическая ось будетъ теперь описывать плоскость.

Изъ сказаннаго мы видимъ, между прочимъ, что въ случаѣ остающейся коллимаціонной ошибки можно получить вѣрный отсчетъ ($128^{\circ}38\frac{1}{2}'$) если взять полусумму двухъ отсчетовъ—до и послѣ перевода трубы черезъ зенитъ.

Напомнимъ здѣсь еще, что при работѣ исправительными винтами сѣтки нужно обращать вниманіе на то, какъ эти винты устраниены (см. § 113); толкаетъ ли каждый изъ нихъ кольцо съ сѣткой своимъ концомъ (чер. 292).

или же тянеть его къ себѣ своей нарѣзкой (чер. 290); при вращеніи тѣхъ и другихъ винтовъ дѣйствіе ихъ будетъ обратное. Если сѣтка зажата, то для передвиженія ея въ 1-омъ случаѣ нужно сперва освободить винтъ съ той стороны, въ какую сѣтка должна подвинуться, а затѣмъ уже толкать ее вторымъ винтомъ. Во 2-мъ же случаѣ (когда винты тянутъ сѣтку) нужно раньше освободить винтъ съ той стороны, отъ которой сѣтка должна отодвигаться. Понятно, что послѣ установки сѣтки оба винта должны оказаться завинченными до отказа. Если не принимать указанныхъ предосторожностей, то можно либо сорвать рѣзбу на винтахъ, либо шляпки винтовъ сорвать.

б) Остается повѣрить, перпендикулярна ли коллимаціонная плоскость трубы плоскости лимба, т. е. параллельна ли горизонтальная ось трубы плоскости лимба. Для этой повѣрки приводимъ обыкновенно въ горизонтальное положеніе, наводимъ трубу на высокую либо высокую точку А (чер. 319) и, закрѣпивъ алидаду, наклоняемъ трубу внизъ вращеніемъ около горизонтальной оси и замѣчаемъ точку, покрываемую пересѣченіемъ нитей. Затѣмъ переводимъ трубу черезъ зенитъ, поворачиваемъ алидаду на полъ оборота, наводимъ трубу на ту же верхнюю точку и подобно предыдущему наклоняемъ трубу внизъ: если пересѣченіе нитей попадетъ на прежнюю точку, то условіе выполнено. Дѣй-



Чер. 319.

ствительно, если бы коллимаціонная плоскость трубы не была перпендикулярна къ плоскости лимба, то она не была бы въ данномъ случаѣ и вертикальна, и положимъ, что при первомъ опусканіи трубы внизъ оптическая ось описала вмѣсто вертикальной линіи АО наклонную АВ; тогда послѣ перевода трубы черезъ зенитъ при вторичномъ опусканіи трубы оптическая ось опишетъ линію АС, наклонную въ другую сторону отъ вертикали, а потому мы не увидимъ въ трубу. В. Для исправленія ошибки нужно опустить или приподнять одну изъ подставокъ горизонтальной оси трубы до тѣхъ поръ, пока плоскость, описываемая трубой, не будетъ вертикальна, т. е. пока при опусканіи трубы, наведенной предварительно на точку А, пересѣченіе нитей внизу не покроетъ точку среднюю между В и С. Затѣмъ эта повѣрка повторяется. Указанное подниманіе и опусканіе подставки трубы дѣлается ощущею и затѣмъ испытывается, достаточно ли нѣтъ подставка выверена. Для подниманія или опусканія подставки имѣется особый исправительный винтъ; если же такового нѣтъ, то подъ одну изъ подставокъ вкладывается кусочекъ бумаги или замши. Если же подставка одна (чер. 323), то подкладываніе дѣлается подъ ту или другую сторону подставки.

Если остается небольшая ошибка, то указаннымъ выше переводомъ трубы черезъ зенитъ и полученіемъ двухъ отсчетовъ мы освобождаемся не только отъ вліянія неточности въ установкѣ волосковъ трубы, но и неточности въ установкѣ подставки трубы.

Замѣтимъ, что при повѣркѣ условія б можно и не приводить лимбъ въ горизонтальное положеніе: тогда положеніе вѣрной линіи АО будетъ, и не вертикально, но перпендикулярно къ плоскости лимба. Дѣйстви-

тельно, если приборъ вѣренъ, то и при всякомъ его положеніи коллимац-
ная плоскость трубы будетъ перпендикулярна къ плоскости лимба.

II. Раземотримъ теперь, какъ повѣряются условія а и б въ томъ слу-
чаѣ, когда труба не переводима черезъ зенитъ; тогда въ нѣкоторомъ раз-
стояніи отъ инструмента вѣшаемъ шнуръ съ грузомъ на концѣ; ли-
зательно приводимъ въ горизонтальное положеніе и наводимъ пере-
нитей на верхнюю точку шнура; затѣмъ медленно наклоняемъ труб-
и слѣдимъ, движется ли все время пересѣченіе нитей по шнуру. Е-
то оптическая ось трубы описываетъ вертикальную плоскость, т.
условія а и б выполнены. Если же пересѣченіе нитей при опусканіи
будетъ все время удаляться отъ шнура въ одну сторону, то это оз-
что оптическая ось описываетъ плоскость, но не горизонтальную, а не
ную, т. е. въ этомъ случаѣ условіе а выполнено, условіе же б-и
Поправка дѣлается, какъ и выше, подниманіемъ или опусканіемъ под-
трубы.

Если же при опусканіи трубы внизъ пересѣченіе нитей будетъ сперва
удаляться отъ шнура, а потомъ приближаться къ нему, т. е. будетъ опи-
сывать дугу, то оптическая ось трубы описываетъ конусъ, и въ этомъ
случаѣ условіе а или же оба а и б не выполнены. Для исправленія пере-
двигаемъ сперва сѣтку нитей исправительными винтами такъ, чтобы при
опусканіи трубы внизъ, пересѣченіе нитей описывало прямую линію; эта
прямая можетъ оказаться вертикальной, т. е. идти по шнуру, или же на-
клонной; въ послѣднемъ случаѣ нужно еще исправить, какъ и выше, по-
ставку трубы.

Чтобы удобнѣе было судить, прямую или кривую линію описываетъ
пересѣченіе нитей, можно навести трубу не на верхнюю, а на среднюю
точку шнура. Если затѣмъ при опусканіи и подыманіи трубы пересѣченіе
нитей будетъ сходить все въ одну сторону отъ шнура, то труба описыва-
етъ дугу; если же при опусканіи трубы пересѣченіе нитей сходить въ одну
сторону отъ шнура, а при подыманіи—въ другую, то труба описываетъ
прямую линію.

7. Повѣрка вертикальнаго круга: когда приборъ приведенъ въ
горизонтальное положеніе и труба горизонтальна, то отсчетъ
ноніусу на вертикальномъ кругѣ долженъ быть нуль.

Эту повѣрку выражаютъ еще такъ: При совмѣщеніи нуля вертикальнаго
круга (или сектора) съ нулемъ ноніуса оптическая ось трубы должна бы-
перпендикулярна къ вертикальной оси вращенія прибора, или же параллельна
оси уровня при алидадѣ вертикальнаго круга, если таковой уровень имѣетъ
Тогда эта ось послѣ приведенія лимба (или же уровня при алидадѣ вер-
тикальнаго круга) въ горизонтальное положеніе будетъ тоже горизонтальна.

Замѣтимъ, что дѣленія на вертикальномъ кругѣ наносятся либо
0° до 360°, либо отъ обоихъ концовъ нулевого діаметра въ обѣ стороны
отъ 0° до 90°; иногда вмѣсто нулей ставятъ на концахъ діаметра

90° и наносить дѣленія въ обѣ стороны отъ каждаго конца на 60 градусовъ.

Выполненіе условія 7 необходимо для вѣрнаго измѣренія угловъ наклоненія линій къ горизонту:

При производствѣ этой повѣрки нужно различать слѣдующіе случаи:

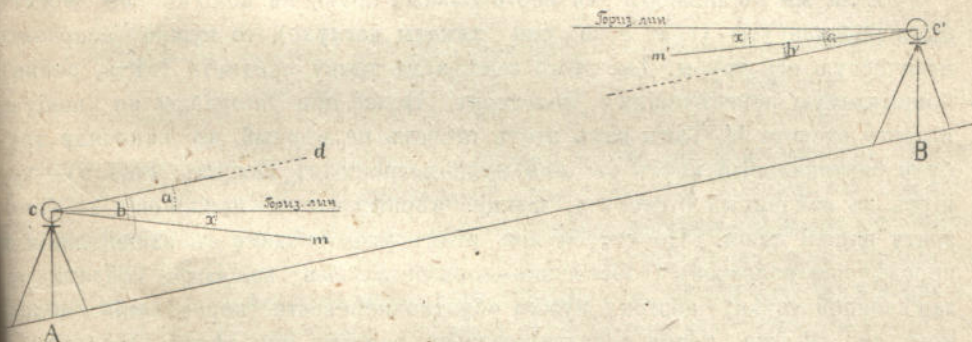
I. Если на трубѣ прибора нѣтъ уровня и труба не переводима черезъ зенить.

II. Если на трубѣ нѣтъ уровня, но труба переводима черезъ зенить.

III. Если на трубѣ имѣется уровень.

IV. Если имѣется уровень при алидадѣ вертикальнаго круга.

I. Въ первомъ случаѣ измѣряемъ нашимъ приборомъ уголъ наклоненія одной и той же линіи АВ (чер. 320) къ горизонту съ обоихъ концовъ линіи.



Чер. 320.

Лимбъ приводится при этомъ въ горизонтальное положеніе. Если въ обоихъ случаяхъ получимъ для угла наклоненія одну и ту же величину, то требуемое условіе (7) выполнено. Въ самомъ дѣлѣ, если бы условіе это выполнено не было, и при совмѣщеніи нулей нониуса и круга труба имѣла бы направленіе sm наклонное къ горизонту, напримѣръ книзу на уголъ x , то при измѣреніи угла наклоненія линіи АВ изъ нижней точки А мы должны были бы повернуть трубу кверху изъ положенія sm , соответствующаго совпаденію нулей, до положенія sd , параллельнаго АВ, на уголъ b , который больше вѣрнаго угла наклоненія a на величину x , называемую коллимаціонной ошибкой вертикальнаго круга. При измѣреніи же угла наклоненія той же линіи изъ верхней точки В мы должны были бы повернуть трубу изъ ея исходнаго положенія $s'm'$, соответствующаго совпаденію нулей, внизъ на уголъ b' , который, какъ видно изъ чертежа, меньше вѣрнаго угла наклоненія a на ту же величину x . Между собой же два полученные отсчета будутъ отличаться на $2x$. Поэтому ошибка x въ измѣреніи угла равна разности полученныхъ результатовъ, дѣленной на 2, т. е. $x = \frac{b-b'}{2}$. Вѣрный же

отсчетъ есть среднее арифметическое между обоими отсчетами, т. е. $a = \frac{b+b'}{2}$.

Опредѣливъ величину ошибки x и узнавъ, каковъ долженъ быть вѣрный от-

счетъ, мы можемъ исправить приборъ; для этого, сохраняя направленіе трубы неизмѣннымъ (при наведеніи изъ точки В къ точкѣ А параллельно линіи АВ) освобождаемъ слегка винты, прикрѣпляющіе вертикальный кругъ къ подставкѣ трубы или къ трубѣ и поворачиваемъ его на величину x , т. е. такъ, чтобы получился по нониусу вѣрный отсчетъ a . Такое небольшое вращеніе круга выполнимо, такъ какъ отверстія для прохода винтовъ въ кругѣ свободны (продолговаты); послѣ этого закрѣпляемъ кругъ тѣми же винтами. Иногда кругъ укрѣпленъ наглухо; тогда переставляется алидада съ нониусами.

Послѣ исправленія повѣрка повторяется.

Такъ же дѣлается повѣрка и въ томъ случаѣ, когда труба переводима черезъ зенитъ, но при ней имѣется не полный вертикальный кругъ, а секторъ.

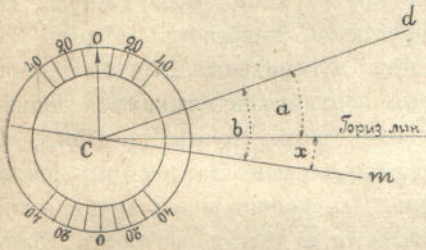
Если же въ приборѣ ни вертикальный кругъ ни нониусъ не могутъ быть передвинуты (т. е. если они зажаты наглухо), то нужно исправить оптическую ось трубы. Для этого замѣчаемъ точку предмета (вѣхи, рейки), покрываемую пересѣченіемъ волосковъ трубы при полученіи по нониусу второго отсчета b' . Такъ какъ этотъ отсчетъ не вѣрный, то наклоняя трубу и вертикальный кругъ съ ней микрометреннымъ винтомъ, ставимъ нониусъ на найденный отсчетъ a , дающій вѣрный уголъ наклоненія къ горизонту нашей линіи. Но труба при этомъ уже сойдетъ съ нашей линіи и пересѣченіе волосковъ (собственно—горизонтальный волосокъ) сойдетъ съ замѣченной точки; поэтому нужно обратно перевести пересѣченіе волосковъ на ту же точку исправительными винтами при сѣткѣ—верхнимъ и нижнимъ. Тогда нужно намъ здѣсь исправленіе будетъ кончено, такъ какъ труба дастъ вѣрный отсчетъ a . Но при работѣ верхнимъ и нижнимъ исправительнымъ винтомъ сѣтки приходится освобождать и боковые винты, а это можетъ повліять на положеніе оптической оси трубы относительно горизонтальной оси вращенія; поэтому нужно выполнить вновь 6-ую повѣрку теодолита.

II. Если на трубѣ нѣтъ уровня, но она переводима черезъ зенитъ, то условіе 7-ое можно повѣрить изъ одной точки стоянія прибора, именно: отмѣряемъ уголъ наклоненія къ горизонту какой либо линіи мѣстности, затѣмъ переводимъ трубу черезъ зенитъ, вращаемъ приборъ на $1/2$ оборота и вновь опредѣляемъ уголъ наклоненія къ горизонту той же линіи.

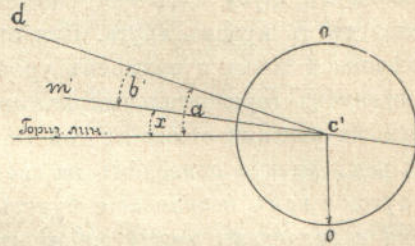
Если первый разъ вертикальный кругъ былъ вправо отъ наблюдателя (т. е. сокращенно К. П.), то при вторичномъ измѣреніи онъ будетъ влѣво (т. е. К. Л.).

Если оба раза получимъ одинаковые отсчеты на вертикальномъ кругѣ (по обѣ стороны нуля круга), то условіе 7-ое выполнено. Если же получаются разные результаты, то въ приборѣ имѣется ошибка. Въ самомъ дѣлѣ предположимъ, что при совмѣщеніи нуля нониуса съ нулемъ круга при К. П. труба направлена по линіи cm (чер. 321) внизъ отъ горизонта на уголъ α ; тогда чтобы привести трубу въ положеніе cd , параллельное мѣстности mn

но повернуть ее на уголъ b , который больше истиннаго угла наклоненія a на величину x ; при этомъ и отсчетъ на вертикальномъ кругѣ по нониусу получимъ b . Переведемъ затѣмъ трубу черезъ зенитъ. Если бы мы теперь



Чер. 321.



Чер. 322.

опять совместили нуль нониуса съ нулемъ круга, мы тѣмъ самымъ повернули бы трубу около горизонтальной оси ровно на 180° отъ ея первоначальнаго положенія на нуляхъ; поэтому труба, которая была раньше наклонена, при совмѣщеніи нулей, внизъ отъ горизонта объективомъ, теперь будетъ на столько же наклонена внизъ окуляромъ. Объективъ же теперь будетъ расположенъ по линіи $c'm'$ (чер. 322) вверхъ отъ горизонта и притомъ назадъ.

Далѣе, чтобы направить трубу въ сторону нашей линіи, повернемъ приборъ на вертикальной оси на $\frac{1}{2}$ оборота, вновь измѣримъ уголъ наклоненія той же линіи къ горизонту; тогда получимъ отсчетъ, дающій уголъ b' , который меньше истиннаго угла наклоненія a на ту же величину x . На чер. 322 линіи показаны въ томъ положеніи, въ какомъ онѣ представляются наблюдателю, стоящему передъ лицевой стороною вертикальнаго круга.

Какъ и въ первомъ случаѣ, здѣсь $x = \frac{b-b'}{2}$, $a = \frac{b+b'}{2}$. Исправленіе дѣлается такъ же, какъ въ предыдущемъ случаѣ.

III. Если на трубѣ теодолита имѣется цилиндрическій уровень, то ось его должна быть предварительно приведена въ положеніе параллельное оптической оси трубы, какъ объ этомъ разсказано въ дальнѣйшемъ при изложеніи повѣрокъ нивелировъ (уровень на трубѣ служитъ главнымъ образомъ для нивелировки). Здѣсь будемъ считать, что условіе относительно параллельности осей уровня и трубы выполнено, и посмотримъ, какъ повѣрить разсматриваемое нами 7-е условіе. Для этого приводимъ лимбъ въ горизонтальное положеніе по уровню (при алидадѣ или при подставкѣ трубы). Затѣмъ вращеніемъ трубы на горизонтальной оси приводимъ пузырекъ уровня

при трубѣ на середину. Если при этомъ нуль нониуса совпадаетъ съ нулемъ вертикальнаго круга, то условіе 7-е выполнено. Въ противномъ случаѣ передвигаемъ, подобно предыдущему, либо кругъ, либо нониусъ, пока нули ихъ не совпадутъ; тогда, очевидно, условіе 7-ое и будетъ выполнено. Если же ни вертикальный кругъ, ни нониусъ не могутъ быть передвинуты, то придется измѣнить положеніе сѣтки трубы. Для этого, замѣтивъ точку предмета, покрываемую пересѣченіемъ волосковъ при положеніи пузырька уровня (при трубѣ) на серединѣ, т. е. при горизонтальномъ визированіи, наклоняемъ трубу и съ ней вертикальный кругъ, пока нуль нониуса не совпадетъ съ нулемъ круга. При этомъ пересѣченіе волосковъ сойдеть съ намѣченной точки и пузырекъ уровня сойдеть съ середины. Если мы теперь передвинемъ горизонтальный волосокъ трубы верхнимъ и нижнимъ исправительными винтами сѣтки къ той же замѣченной нами точкѣ предмета, а пузырекъ уровня приведемъ на средину исправительнымъ винтомъ при немъ, то нужное намъ исправленіе будетъ кончено. Ось уровня и ось трубы останутся параллельны между собою, такъ какъ и та и другая ось опять горизонтальна. Послѣ этого нужно еще подобно предыдущему повторить повѣрку 6 теодолита.

Замѣтимъ, что приведенное выполненіе повѣрки будетъ давать вполнѣ точные результаты лишь въ томъ случаѣ, если чувствительность уровня при алидадѣ не меньше чувствительности уровня при трубѣ. Если же при алидадѣ имѣется менѣе чувствительный, напр. круглый уровень, тогда лимбъ не можетъ быть приведенъ такимъ уровнемъ въ горизонтальное положеніе на столько точно, чтобы приведя ось уровня при трубѣ въ горизонтальное положеніе, мы получили всегда точное совпаденіе нуля нониуса съ нулемъ круга. Но небольшая разница въ нѣсколько минутъ, могущая получиться вслѣдствіе не вполнѣ точнаго приведенія лимба въ горизонтальное положеніе, не будетъ имѣть замѣтнаго вліянія въ томъ случаѣ, когда уголъ наклоненія берется для опредѣленія горизонтальныхъ проложеній линій. Если же уголъ наклоненія линіи мѣстности къ горизонту нуженъ для опредѣленія разности высотъ концовъ линіи, то уголъ этотъ долженъ быть опредѣленъ возможно точнѣе. Въ этомъ случаѣ мы воспользуемся для приведенія лимба передъ повѣркой въ горизонтальное положеніе не уровнемъ при алидадѣ, а уровнемъ при трубѣ, поставивъ этотъ уровень въ положеніе перпендикулярное къ вертикальной оси вращенія прибора—обычнымъ способомъ, т. е. приведеніемъ пузырька на средину, затѣмъ вращеніемъ прибора на $\frac{1}{2}$ оборота и т. д. (см. повѣрку 4); при этомъ микрометричный винтъ, служащій для медленнаго вращенія трубы на горизонтальной оси, будетъ играть роль исправительнаго винта при уровнѣ. Приведа такимъ образомъ уровень на трубѣ и лимбъ въ горизонтальное положеніе, выполняемъ далѣе повѣрку, какъ сейчасъ разсказано.

IV. Если при алидадѣ вертикальнаго круга теодолита имѣется уровень причемъ кругъ этотъ движется вмѣстѣ съ вращеніемъ трубы на оси (али-

дада же неподвижна), то для провѣрки поступаемъ подобно тому, какъ во 2-мъ случаѣ, т. е. измѣряемъ два раза изъ одной точки уголъ наклоненія какой либо линіи мѣстности къ горизонту: одинъ разъ при положеніи вертикальнаго круга вправо отъ наблюдателя и другой разъ—влѣво. При этомъ, какъ сказано и выше (§ 127), наблюдаемъ за положеніемъ пузырька на срединѣ уровня при алидадѣ вертикальнаго круга въ моментъ отсчитыванія по нониусу. Если оба раза получится одинъ и тотъ же отсчетъ по нониусу для угла наклоненія, то условіе 7-е выполнено. Если же отсчеты не одинаковы, то въ приборѣ имѣется ошибка, т. е. ось трубы при совмѣщеніи нулей ^{лимба} и нониуса наклонена къ горизонту, а слѣдовательно она не параллельна оси уровня при алидадѣ вертикальнаго круга. Для поясненія можно воспользоваться тѣми же чертежами 321 и 322, что и во 2-мъ случаѣ; такимъ же образомъ, какъ и тамъ, получимъ, что коллимаціонная ошибка $x = \frac{b-b'}{2}$, а вѣрный отсчетъ $a = \frac{b+b'}{2}$. Для исправленія, сохраняя направленіе трубы на выбранную точку предмета, а слѣдовательно сохраняя и положеніе вертикальнаго круга, устанавливаемъ микрометреннымъ винтомъ γ алидаду съ нониусами на вѣрный отсчетъ a на кругѣ; при этомъ пузырекъ уровня при алидадѣ сойдетъ со средины, и для исправленія передвинемъ его опять на средину исправительными винтами при уровнѣ.

Слѣдуетъ добавить, что во всѣхъ разсмотрѣнныхъ случаяхъ мы можемъ вмѣсто исправленія прибора—особенно, если ошибка не велика, вводить поправку x въ измѣренные углы.

Поправка x представляетъ отсчетъ, который получается на вертикальномъ кругѣ по нониусу вмѣсто правильнаго отсчета 0° , когда ось трубы горизонтальна (перпендикулярна къ вертикальной оси прибора), или же въ другомъ случаѣ параллельна оси уровня при алидадѣ круга. Отсчетъ x , называемый „мѣстомъ нуля“ на кругѣ и обозначаемый $M. O.$, можетъ получиться съ той или другой стороны отъ нуля вертикальнаго круга; въ зависимости отъ этого онъ вычитается отъ измѣренныхъ угловъ или же прибавляется къ нимъ.

Если въ разсматриваемомъ IV случаѣ вертикальный кругъ дѣйствительно сохраняетъ неизмѣнное положеніе при трубѣ, съ которой вмѣстѣ вращается, и если также и уровень сохраняетъ неизмѣнное положеніе при алидадѣ, а слѣдовательно и по отношенію къ нулямъ нониусовъ, то при всѣхъ установкахъ теодолита и измѣреніяхъ угловъ наклоненія „мѣсто нуля“ на вертикальномъ кругѣ будетъ одно и то же, а потому и поправка въ измѣряемыхъ углахъ будетъ одна и та же, не зависящая отъ точности установки горизонтальнаго лимба.

Дѣйствительно если бы мы ось трубы поставили на каждой установкѣ въ горизонтальное положеніе, то обѣ линіи, ось трубы и ось уровня при алидадѣ, заняли бы въ пространствѣ точно одно и то же положеніе, а потому связанные съ ними нулевой діаметръ круга и нулевая линія алидады

стали бы тоже въ совершенно одинаковое другъ къ другу положеніе и дали бы всегда одинъ и тотъ же отсчетъ или одно и то же „мѣсто нуля“ (отъ котораго собственно считается величина угла наклоненія линіи къ горизонту). Нельзя того же сказать про другіе приборы (I, II и III случаи); въ нихъ „мѣсто нуля“ вертикальнаго круга зависитъ отъ установки лимба или вертикальной оси вращенія прибора; и если эта установка не получилась тождественна въ разныхъ случаяхъ, то и „мѣсто нуля“ будетъ различное.

Такъ какъ зная уголъ наклоненія линіи къ горизонту, мы можемъ съ помощью разстоянія между точками мѣстности опредѣлить разность высотъ точекъ, то вертикальный кругъ или секторъ при приборѣ называются также высотомѣрами.

8. При выдвиганіи окулярнаго колѣна изъ объективнаго съ помощью кремальерки положеніе оптической оси трубы должно оставаться неизмѣннымъ. Выполненіе этого условія особенно важно, когда стороны измѣряемаго угла значительно разнятся по длинѣ, такъ что при переводѣ трубы съ одной стороны угла на другую приходится мѣнять положеніе окулярнаго колѣна для полученія яснаго изображенія вѣхи; въ этомъ случаѣ—на сколько измѣнилось бы положеніе коллимаціонной плоскости трубы при передвиганіи окулярнаго колѣна, на столько же была бы ошибочна полученная при измѣреніи величина угла. Выполненіе этого условія еще важно для точнаго вѣшенія длинныхъ линій трубой теодолита (см. § 131), а также для точнаго измѣренія угловъ наклоненія и для нивелированія трубой теодолита, на которой установленъ уровень. Чтобы убѣдиться, что условіе 8 въ трубѣ выполнено, нужно продѣлать повѣрки 6 и 7-ую вторично при разныхъ разстояніяхъ точки отъ прибора, т. е. повѣривъ и исправивъ сѣтку при наведеніи на далекую точку, повторить эти повѣрки, наведя трубу на точку близкую; повторяя повѣрку 6-ую, мы повѣряемъ правильное положеніе боковыхъ винтовъ сѣтки, а повторяя повѣрку 7-ую, повѣряемъ верхній и нижній винты сѣтки. Еще лучше—продѣлать повѣрку для нѣсколькихъ точекъ, находящихся на разныхъ разстояніяхъ. Если послѣ уничтоженія ошибки при наведеніи на первую точку, ошибка эта не обнаруживается при повѣркѣ наведеніемъ на другія точки, то оптическая ось трубы сохраняетъ неизмѣнное положеніе при передвиганіи окулярнаго колѣна. Если же оказалась бы здѣсь погрѣшность въ трубѣ, то она можетъ происходить либо отъ того, что окулярное колѣно недостаточно плотно ходитъ въ объективномъ, либо отъ того, что направляющая внутренняя поверхность объективнаго колѣна стоитъ косо. Приборъ можетъ быть исправленъ лишь опытнымъ механикомъ. Если появляющаяся коллимаціонная ошибка не велика, то можно не исправлять прибора и все таки работать имъ съ надлежащей точностью, но для этого необходимо послѣ каждаго наведенія трубы и послѣ записи отсчета переводить трубу черезъ зенитъ и наведя на ту же точку, записывать опять отсчетъ, а затѣмъ брать ихъ полусумму.

✓ § 129. Повѣрки пантометра съ трубой. Повѣрки теодолита примѣнны и къ пантометру. Если при пантометрѣ нѣтъ уровня, параллельнаго коллимаціонной плоскости трубы, то повѣрка 3 отпадаетъ. Кромѣ того въ пантометрѣ должно быть повѣрено слѣдующее:

а) не имѣетъ ли алидада коллимаціонной ошибки, т. е. совпадаетъ ли нуль нониуса съ нулемъ лимба при совмѣщеніи неподвижныхъ и подвижныхъ діоптровъ;

б) совпадаетъ ли коллимаціонная плоскость трубы съ коллимаціонной плоскостью подвижныхъ діоптровъ.

Условіе а) повѣряется—какъ и въ простомъ пантометрѣ съ діоптрами (гоніометрѣ). Условіе б) повѣряется слѣдующимъ образомъ. Наводимъ трубу на какую либо точку и смотримъ, проходитъ ли черезъ ту же точку и плоскость подвижныхъ діоптровъ. Если нѣтъ, то вращеніемъ алидады наводимъ подвижные діоптры на эту точку и закрѣпляемъ алидаду и лимбъ. Пересѣченіе нитей трубы сойdetъ съ этой точки; тогда мы освобождаемъ винтики, закрѣпляющіе коробку буссоли, на которой стоитъ труба, и поворачиваемъ боссоль съ трубой, пока пересѣченіе нитей не покроетъ ту же точку.

Астролябія съ трубой повѣряется такъ же, какъ и теодолитъ.

§ 130. Повѣрки буссоли при теодолитѣ. Кромѣ рассмотрѣнныхъ (§ 128, 129) повѣрокъ, относящихся собственно къ угломѣрнымъ инструментамъ, слѣдуетъ сказать еще о повѣркахъ буссолей, находящихся при нихъ. Повѣрки эти тѣ же, что и въ буссоли при обыкновенной астролябіи и производятся такъ же. Одна только повѣрка—именно: „проходитъ ли коллимаціонная плоскость трубы черезъ нулевой діаметръ кольца“—дѣлается иначе, если труба переводима черезъ зенитъ (собственно—если труба можетъ быть наклонена окуляромъ къ кольцу буссоли). Для этой повѣрки въ центрѣ крышки, надѣваемой на объективъ имѣется маленькое отверстіе: трубу наклоняемъ такъ, чтобы окуляръ былъ обращенъ къ дѣленію 0, или же 180° на кольцѣ буссоли; тогда окуляръ трубы будетъ служить объективомъ, и мы, смотря въ упомянутое отверстіе крышки, увидимъ въ маленькомъ полѣ зрѣнія нѣсколько дѣленій кольца; если штрихи, соответствующіе нулю или 180°-ти, приходятся по серединѣ этого поля, то требуемое условіе выполнено; въ противномъ случаѣ у буссоли имѣется коллимаціонная ошибка; она можетъ быть иногда исправлена вращеніемъ кольца, если освободить винтики, прикрѣпляющіе его къ инструменту; если же кольца повернуть нельзя, то коллимаціонную ошибку буссоли нужно замѣтить и исправлять отсчеты на ея величину.

Замѣтимъ, что иногда кольцо буссоли можетъ быть поворачиваемо на инструментѣ на столько, что буссоль будетъ давать не магнитные, а истинные азимуты и румбы; для этого нужно повернуть его такъ, чтобы нулевой діаметръ буссоли отошелъ на столько же и въ ту же сторону отъ ливніи визирования (отъ коллимаціонной плоскости трубы), на сколько магнитная

стрѣлка отклонена отъ истиннаго меридіана: тогда уголъ, отсчитываемый между стрѣлкой и нулемъ кольца будетъ равенъ углу между линіей визирования и истиннымъ меридіаномъ, т. е. буссоль будетъ давать истинные румбы.

§ 131. Вѣшеніе длинныхъ линій съ помощью трубы теодолита.

Точное провѣшиваніе длинныхъ линій требуется, напр., при назначеніи на мѣстности оси проектируемой желѣзной дороги, или же при разбивкѣ большого участка земли параллельными линіями на прямоугольники или квадраты, а также—хотя и съ меньшей точностью—требуется такое вѣшеніе при измѣреніи линіи окружной межи участка. Вѣшеніе длинныхъ линій, особенно на мѣстности неровной, холмистой слѣдуетъ производить съ большимъ вниманіемъ—слѣдующимъ образомъ.

I. Если даны начальная и конечная точки линіи, видны одна изъ другой, то въ одной изъ нихъ устанавливаемъ горизонтально теодолитъ и, закрѣпивъ лимбъ, наводимъ пересѣченіе нитей трубы на вѣху, поставленную въ другой точкѣ. Закрѣпивъ далѣе и алидаду, смотримъ въ трубу и даемъ знаки рабочему, который выставляетъ вѣхи по линіи, начиная съ самой дальней и приближаясь постепенно къ теодолиту: вѣхи должны совпадать съ вертикальнымъ волоскомъ трубы. При этомъ окулярное колѣно трубы для полученія яснаго изображенія вѣхъ будетъ постепенно выдвигаться, трубу же, въ случаѣ надобности, придется наклонять вверхъ или внизъ при наведеніи на вѣхи, смотря по рельефу мѣстности. Поэтому для полученія точнаго вѣшенія линіи необходимо тщательное выполненіе въ теодолитѣ повѣрокъ 6 и 8-ой: именно—выполненіе 8-го условія необходимо ввиду передвиганія окулярнаго колѣна въ объективномъ, а 6-го ввиду вращенія трубы на горизонтальной оси при наклоненіи ея вверхъ или внизъ. При обоихъ этихъ дѣйствіяхъ оптическая ось трубы не должна выходить изъ одной и той же вертикальной плоскости, иначе при вѣшеніи мы получимъ вмѣсто прямой линіи кривую. Если бы условія 6 и 8 не выполнялись въ приборѣ точно, то для полученія правильно провѣшенной линіи необходимо при постановкѣ каждой вѣхи наводить трубу на данную точку два раза съ переводомъ ея черезъ зенитъ, затѣмъ намѣчать на землѣ двѣ точки для выставляемой новой вѣхи (до и послѣ перевода трубы черезъ зенитъ) и брать между ними среднюю, въ которой и ставить вѣху.

Чтобы рабочій могъ видѣть издали подаваемые ему съемщикомъ знаки, онъ снабжается биноклемъ, а еще лучше—послать для установки вѣхъ двоихъ людей, изъ которыхъ одинъ непрерывно смотритъ въ бинокль въ сторону съемщика и подаваемые имъ знаки передаетъ второму рабочему, выставляющему вѣхи.

II. Если линію, обозначенную двумя точками А и В (чер. 323), нужно продолжить за точку В, то поступаемъ слѣдующимъ образомъ. Ставимъ теодолитъ горизонтально



Чер. 323.

въ точкѣ В, и закрѣпивъ лимбъ, наводимъ вращеніемъ алидады вертикаль- ный волосокъ трубы назадъ на точку А. Затѣмъ, замѣтивъ отсчетъ на лимбѣ по ноніусу, вращаемъ алидаду ровно на 180°, если труба не имѣетъ коллимаціонной ошибки; труба будетъ теперь направлена какъ разъ по продолженію линіи АВ; затѣмъ выставляемъ, смотря въ трубу, вѣхи, начи- ная съ самой дальней видимой точки С, т. е. вѣшимъ „на себя“ отъ С къ В. Замѣтимъ, что для ускоренія полезно первый отсчетъ по ноніусу сдѣлать равнымъ нулю, совмѣстивъ нуль ноніуса съ нулемъ лимба; тогда второй отсчетъ будетъ ровно 180°. Можно еще ускорить эту работу, если труба прибора хорошо вывѣрена и не имѣетъ ни малѣйшей коллимаціонной ошиб- ки,—именно: послѣ наведенія изъ точки В трубы назадъ на точку А мы, не обращая вниманія на отсчетъ, переводимъ трубу черезъ зенитъ, и тогда направленіе ея дастъ намъ продолженіе провѣшиваемой линіи. Такимъ же образомъ работа продолжится дальше, т. е. приборъ переносится въ край- нюю точку С и труба наводится назадъ на точку В и затѣмъ переводится черезъ зенитъ и даетъ продолженіе линіи.

Замѣтимъ, что при этой работѣ особенно тщательно должны быть устанавливаемы вѣхи въ тѣхъ точкахъ, въ которыхъ затѣмъ ставится те- одолить. Эти точки слѣдуетъ сохранить, окопавъ ихъ кружечками. Если при визированіи назадъ, наприм. на точку В изъ С, промежуточные вѣхи заслоняютъ вѣху В, то ихъ нужно слегка наклонить. Въ случаѣ, если тру- ба имѣетъ небольшую коллимаціонную ошибку и исправлять ее некогда, то для полученія точнаго продолженія линіи поступаемъ такъ: направляемъ трубу и пересѣченіе волосковъ на заднюю точку, закрѣпляемъ алидаду, пе- реводимъ трубу черезъ зенитъ и впереди выставляемъ одну вѣху или дѣ- лаемъ одну мѣтку. Затѣмъ вращаемъ алидаду такъ, чтобы труба была на- правлена вновь на заднюю точку, закрѣпляемъ алидаду и вновь переводимъ трубу черезъ зенитъ и намѣчаемъ впереди вторую точку; середина между этими двумя точками дастъ вѣрное направленіе линіи.

§ 132. Съемка теодолитомъ. Накладка снятаго многоугольника транспортиромъ. Съемка теодолитомъ участка обходомъ производится по- добно съемкѣ астролябіей (§ 79—82). Разница будетъ лишь въ большей точности работы, зависящей отъ болѣе точнаго измѣренія угловъ и болѣе точнаго вѣшенія линіи съ помощью трубы прибора. Сверхъ того вертикаль- ный кругъ теодолита служитъ для болѣе точнаго опредѣленія угловъ накло- ненія линій мѣстности къ горизонту, а это даетъ возможность точнѣе опре- дѣлить горизонтальное проложеніе наклонныхъ линій съ помощью таблицы поправокъ (§ 18). Обходомъ снимаются небольшія площади, размѣрами въ нѣсколько квадратныхъ верстѣ. При съемкѣ же площадей протяженіемъ въ десятки и сотни верстѣ дѣлается—во избѣжаніе накопленія ошибокъ—сперва триангуляція, т. е. съемка на всей площади отдѣльныхъ опорныхъ точекъ, образующихъ сѣтъ треугольниковъ: стороны Δ -ковъ берутся въ нѣсколько верстѣ или же десятковъ верстѣ—смотря по величинѣ площади. Съемка

начинается от исходной линии, базиса, который измѣряется непосредственно на мѣстности самымъ тщательнымъ образомъ; длина другихъ сторонъ Δ -ковъ опредѣляется вычисленіемъ по правиламъ тригонометріи, отчего и сама сѣть Δ -ковъ называется тригонометрической. Болѣе подробное разсмотрѣніе этого вопроса отнесено ко второй части настоящей книги.

Перейдемъ къ накладкѣ на бумагу многоугольника, снятаго обходомъ. Участки, площадь которыхъ не требуется знать особенно точно, можно накладывать транспортиромъ, какъ это подробно изложено для астролябіи (§ 84, 85). Приведемъ здѣсь лишь кратко порядокъ этой работы.

1) Прежде всего подсчитываемъ сумму измѣренныхъ внутреннихъ угловъ снятаго замкнутаго многоугольника и сравниваемъ ее съ суммой теоретической, вычисляемой по формулѣ $180^\circ \cdot (n-2)$, гдѣ n —число угловъ межи. Невязку въ углахъ, т. е. разницу между этими двумя суммами дѣлимъ на n , и если на каждый уголъ придется разница не больше точности нониуса, напр. $1'$, то съемку угловъ можно признать удовлетворительной. Это—первая повѣрка съемки. Измѣренные углы исправляемъ на полученную разницу, разбивая ее на всѣ углы, послѣ чего сумма нашихъ угловъ будетъ равна суммѣ теоретической. Болѣе строгое принимаемое иногда правило относительно невязки во всей суммѣ угловъ слѣдующее: она не должна быть болѣе точности нониуса, помноженной на $\sqrt{2n}$, гдѣ n число угловъ многоугольника.

2) Затѣмъ вычисляемъ послѣдовательно азимуты всѣхъ сторонъ окружной межи, пользуясь исправленными углами поворотовъ линии и измѣреннымъ на мѣстности румбомъ одной изъ сторонъ, который тоже переводимъ въ азимуть. Правило для этого вычисленія слѣдующее: азимуть послѣдующей стороны = азимуту предыдущей + 180° и—(минусъ) уголъ поворота (внутренній уголъ). Повѣркой вычисленія азимутовъ является полученіе въ концѣ вторично той же величины для исходнаго (перваго) азимута. Полученные азимуты сторонъ перечисляемъ въ румбы. Для повѣрки же этого перечисленія нужно по найденнымъ румбамъ вычислить обратно углы астролябические, а слѣдовательно и внутренніе, которые должны совпасть съ указанными выше исправленными углами.

3) Послѣ такой подготовки производимъ накладку многоугольника транспортиромъ по вычисленнымъ румбамъ и длинѣ линий; при этомъ должны бытъ предварительно опредѣлены горизонтальныя проложенія линий. Полученная при накладкѣ невязка не должна превосходить $\frac{1}{300}$ периметра: это будетъ служить 2-ой повѣркой съемки и повѣркой накладки. Невязку, если она окажется допустимой, разбиваемъ на всѣ вершины многоугольника, пользуясь параллельными линиями. Послѣ уничтоженія невязки накладываются подробности мѣстности въ той послѣовательности, въ какой производилась съемка. Болѣе точная накладка дѣлается по координатамъ вершинъ многоугольника, какъ это изложено въ слѣдующей главѣ.

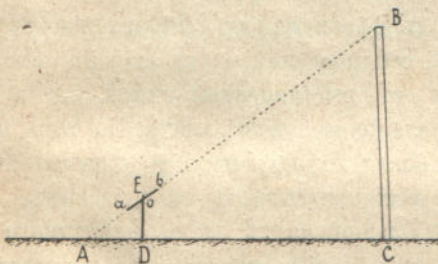
4) После этого производится вычисление площади всего многоугольника и его частей (угодий); сумма площадей отдельных частей должна быть непременно сравнена с площадью всего многоугольника: разница между ними не должна превосходить от $\frac{1}{200}$ до $\frac{1}{300}$ всей площади—в зависимости от числа отдельных частей: чемъ ихъ меньше, тѣмъ ближе будутъ подходить другъ къ другу полученные результаты. Разница разбивается на отдельные угодыя. Полезно площадь всего многоугольника определить двумя способами: планиметромъ и геометрически. Вторичное определение площади другимъ способомъ должно быть обязательно произведено, если участокъ составляетъ одно цѣлое и не распадается на отдельные угодыя, сумма площадей которыхъ дала бы возможность повѣрить общую площадь. Болѣе точное вычисление площади производится по координатамъ (см. слѣд. главу).

5) Наконецъ планъ раздѣляется условными знаками, красками или тушью, и надписывается.

§ 133. Определеніе высотъ предметовъ.

Укажемъ слѣдующіе простые способы определенія высоты предметовъ (напр. трубы завода, дерева и пр.)

1-й способъ. Измѣряемъ длину тѣни, отбрасываемой отъ солнца разсматриваемымъ предметомъ, а также длину тѣни, отбрасываемой вертикальнымъ небольшимъ шестомъ, напр. вѣхой. Высота разсматриваемаго предмета определяется изъ пропорцій, такъ какъ высота эта во столько разъ больше высоты вѣхи, во сколько разъ тѣнь отъ предмета длиннѣе тѣни отъ вѣхи.

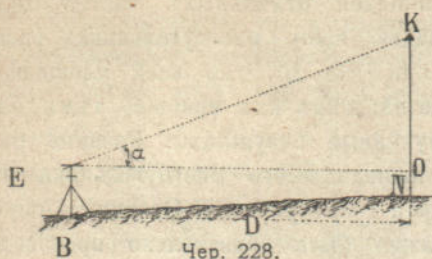


Чер. 327.

2-й способъ. На нѣкоторомъ разстояніи отъ предмета BC (чер. 327), высоту котораго нужно определить, ставимъ вертикальный колъ DE съ вращающейся на немъ сбоку линейкой ab, зажимаемой винтомъ въ точкѣ o. Линейку ab направляемъ на вершину B предмета; затѣмъ смотримъ съ другого конца линейки

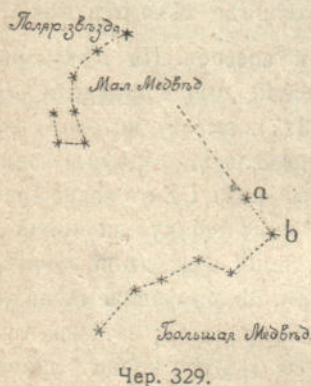
по направленію ba и отмѣчаемъ на землѣ точку A на продолженіи линіи ba. Измѣривъ AD, AC, oD, получимъ искомую высоту BC изъ пропорцій $BC : oD = AC : AD$.

3-й способъ. Опредѣляемъ эклиметромъ поставленнымъ въ точкѣ B (чер. 328) или еще точнѣе—угломѣрнымъ инструментомъ съ трубой и вертикальнымъ кругомъ уголъ наклоненія линіи EK къ горизонту. Затѣмъ поставивъ трубу горизонтально, отмѣтимъ на предметѣ NK точку O, покрываемую пересѣченіемъ волосковъ трубы (или указываемую направлениемъ края линейки эклиметра). Тогда высоту предмета отъ точки O до вершины K найдемъ



изъ Δ -ка EOK по известной формулѣ тригонометри: $OK = EO \cdot \operatorname{tg} \alpha$, такъ какъ катетъ OK равенъ другому катету EO, помноженному на тангенсъ противолежащаго угла. Измѣривъ EO, т. е. разстояніе прибора отъ предмета NK, вычислимъ OK. Прибавивъ же длину ON, найдемъ всю высоту предмета.

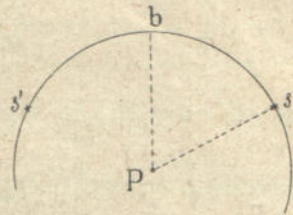
§ 134. Опредѣленіе направленія истиннаго меридіана и склоненія магнитной стрѣлки съ помощью теодолита. Къ изложенному въ § 59 добавимъ слѣдующее. Чтобы узнать направленіе истиннаго меридіана мѣста, нужно найти, въ какомъ направленіи отъ насъ находится та ось, около которой происходитъ видимое суточное движеніе звѣздъ и солнца. Ось эта встрѣчаетъ небесный сводъ въ точкахъ, называемыхъ полюсами міра; въ сѣверномъ полушаріи полюсъ находится вблизи „полярной звѣзды“ въ разстояніи около 1° отъ нея; полярная звѣзда находится въ хвостѣ созвѣздія Малой Медвѣдцы, на продолженіи линіи, соединяющей звѣзды a и b Большой Медвѣдцы (чер. 329). Если бы полюсъ былъ точно въ полярной звѣздѣ, то наведя ночью трубу теодолита на эту звѣзду и затѣмъ опустивъ трубу внизъ, мы могли бы выставить вѣху (днемъ или же ночью, взявъ вѣху съ фонаремъ) по направленію трубы. Линія, соединяющая точку стоянія инструмента съ выставленной вѣхой, дала бы направленіе меридіана мѣста. Но такъ какъ „полярная“ звѣзда, подобно другимъ звѣздамъ, тоже описываетъ на небесномъ сводѣ небольшой кругъ около невидимаго полюса, то чтобы поставить трубу теодолита въ вертикальной плоскости, проходящей черезъ полюсъ, поступаемъ слѣдующимъ образомъ.



Установимъ горизонтально въ какомъ либо мѣстѣ вывѣренный теодолитъ. Выберемъ на небесномъ сводѣ достаточно яркую звѣзду s (чер. 330). Звѣзда эта въ суточномъ движеніи, подымаясь по кругу, доходитъ до высшаго своего положенія b (кульминируетъ) и затѣмъ, опускаясь внизъ, займетъ симметричное положеніе s'; точки s и s' находятся 1) на одной высотѣ надъ горизонтомъ и 2) на одинаковомъ разстояніи направо и влѣво отъ вертикальной плоскости, проходящей черезъ полюсъ, т. е. отъ плоскости

Установимъ горизонтально въ какомъ либо мѣстѣ вывѣренный теодолитъ. Выберемъ на небесномъ сводѣ достаточно яркую звѣзду s (чер. 330). Звѣзда эта въ суточномъ движеніи, подымаясь по кругу, доходитъ до высшаго своего положенія b (кульминируетъ) и затѣмъ, опускаясь внизъ, займетъ симметричное положеніе s'; точки s и s' находятся 1) на одной высотѣ надъ горизонтомъ и 2) на одинаковомъ разстояніи направо и влѣво отъ вертикальной плоскости, проходящей черезъ полюсъ, т. е. отъ плоскости

истиннаго меридіана. Для полученія направленія меридіана наведемъ пересѣченіе нити трубы теодолита сперва на точку s и считаемъ отсчетъ a на лимбѣ по нониусу; затѣмъ сохраняя неизмѣннымъ наклонъ трубы къ горизонту, вращаемъ алидаду по лимбу и замѣчаемъ моментъ второго перехода звѣзды (при опусканіи) черезъ горизонтальный волосокъ; въ этотъ моментъ подводимъ и вертикальный волосокъ къ звѣздѣ, т. е. наводимъ на пересѣченіе нитей вращеніемъ алидады, причемъ наклонъ трубы къ горизонту не долженъ быть нарушенъ. Мы получимъ такимъ образомъ 2-е такое намъ направленіе трубы, при которомъ беремъ 2-й отсчетъ a' на лимбѣ. Затѣмъ поставимъ нониусы вращеніемъ алидады на средній отсчетъ



Чер. 330.

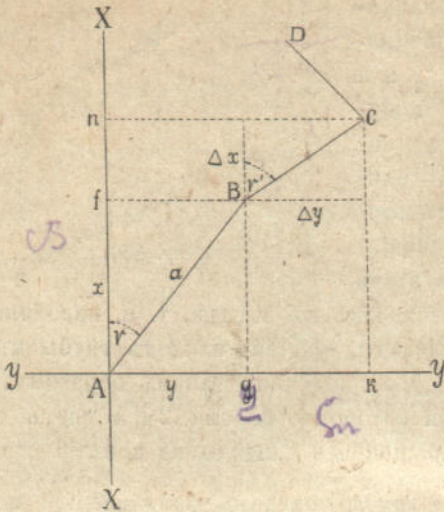
тогда по направленію трубы получимъ направленіе истинно которому и можемъ выставить вѣху.

Чтобы узнать склоненіе магнитной стрѣлки, нужно взять отсчетъ въ означенномъ сейчасъ среднемъ положеніи трубы теодолита.

13. Накладка по координатамъ.

Въятіе о координатахъ. Приращенія координатъ. Этотъ способъ накладки многоугольника транспортиромъ не особенно точенъ—во первыхъ потому, что направленіе линий на планамъ не можетъ быть взято точно транспортиромъ, во вторыхъ потому, что ошибка въ положеніи одной точки передается на слѣдующія, затѣмъ вычисленіе площади по плану планиметромъ и геодезическимъ инструментомъ не очень точно и не соответствуетъ той большой точности, которая производится измѣренія на мѣстности, въ особенности изъясненіемъ. Поэтому нуженъ другой болѣе точный способъ накладки многоугольника особенно нуженъ болѣе точный способъ вычисленія площади на непосредственныхъ измѣреніяхъ, произведенныхъ на мѣстности. Такимъ точными способами являются: 1) способъ накладки многоугольника по координатамъ его вершинъ 2) способъ вычисленія площади по тѣмъ же координатамъ.

Рассмотримъ накладку по координатамъ (чер. 331). Координатами какой точки B плана называемся разстоянія этой точки Bg и Bf отъ двухъ взаимно перпендикулярныхъ линий или осей координатъ YY и XX ; Bg равно Bf называется абсциссой x точки B , а Bf равно Ag называется ординатой этой точки; соответственно этому ось XX наз. осью абсциссъ, а ось YY наз. осью ординатъ; точка A наз. началомъ координатъ. Разстоянія Bg и Bf (абсциссы), отложенныя отъ точки A или вообще отъ оси YY вверхъ, счита-



Чер. 331.

угламъ поворотовъ линіи и 3) вычислены горизонтальныя проецированныя (на основаніи угловъ наклоненія).

Перейдемъ къ накладкѣ. Оси координатъ чертятся на подготовленной для накладки плана, возможно точнѣе, причѣмъ ось x -овъ назначается внизу плана; ось x -овъ направляется по меридиану, а ось y -овъ съ запада на востокъ. Одна изъ нижнихъ точекъ участка принимается въ точкѣ A , т. е. въ началѣ координатъ, образомъ координаты этой точки межѣ будутъ $x = 0$ и $y = 0$. Если известны (вычисленныя) румбамъ и длинѣ сторонъ многоугольника, то координаты всѣхъ остальныхъ вершинъ могутъ быть вычислены. Такъ координаты x и y точки B вычисляются по румбу r и длинѣ AB (см. ниже). Для полученія координатъ A_n и A_k нужно къ координатамъ точки B прибавить f_n и g_k , называемыя приращеніями координатъ; приращенія эти получаются на основаніи длины BC и румба ея r' . Замѣтимъ, что координаты точки B , т. е. A_f и A_g , могутъ тоже назваться приращеніями къ координатамъ точки A , равнымъ f и g . Приращенія координатъ обозначаются черезъ Δx и Δy и считаются „дельта x “ и „дельта y “ (Δ —греческая буква Д). Найдя приращенія координатъ для всѣхъ дальнѣйшихъ точекъ, мы получимъ легко и самыя координаты этихъ точекъ.

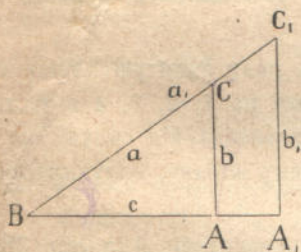
При переходѣ отъ одной точки къ другой координаты могутъ или возрастать или убывать; въ первомъ случаѣ приращенія ихъ прибавляются къ предыдущимъ координатамъ и считаются положительными, а во второмъ — вычитаются отъ предыдущихъ координатъ и считаются отрицательными. Такъ напр., если румбъ линіи будетъ СВ: 40° , то оба приращенія Δx и Δy будутъ положительными; если румбъ будетъ СЗ: 40° , какъ для линіи СВ, то Δx будетъ прибавляться, а Δy будетъ вычитаться, т. е. будетъ отрицательнымъ.

ются положительными, — отрицательными; разности (разности координаты), отложенныя отъ A или отъ оси XX въ отрицательномъ направленіи, считаются отрицательными, а отложенныя въ положительномъ — положительными. Для вычисления координатъ многоугольника нужно определить координаты всѣхъ его вершинъ, а для этого должна быть произведена та же подготовительная работа, что и при накладкѣ транспортиромъ, а именно: 1) должны быть исправлены внутренніе углы такъ, чтобы сумма равнялась суммѣ теоретической; 2) должны быть вычислены румбы для

нымъ, а Δy положительнымъ; наконецъ если румбъ будетъ ЮЗ:40°, то x и Δy будутъ отрицательными.

§ 136. Синусъ и косинусъ угла. Таблицы для вычисленія приеній координатъ.

Намъ теперь предстоитъ познакомиться съ таблицами для вычисленія Δx и Δy , но такъ какъ таблицы эти составлены на основаніи тригонометрическихъ, хотя и простыхъ, формулъ, то для сознательнаго пользованія таблицами нужно сперва познакомиться съ этими формулами*). Положимъ, что нужно узнать катетъ b (чер. 332) прямоугольнаго треугольника ABC , извѣстенъ противолежащій катету уголъ B и гипотенуза a . Прежде



Чер. 332.

всего замѣтимъ, что чѣмъ больше гипотенуза a при томъ же уголѣ B , тѣмъ больше и катетъ b ; проведя $b_1 \parallel b$ и обозначивъ гипотенузу Δ -ка A_1BC_1 черезъ a_1 , получимъ, что $\frac{b}{a} = \frac{b_1}{a_1}$; такимъ образомъ отношеніе катета b , противолежащаго углу B , къ соотвѣтственной гипотенузѣ a есть величина одинаковая для всѣхъ размѣровъ прямоугольнаго Δ -ка съ однимъ и тѣмъ же угломъ B .

Очень важное отношеніе, зависящее по своей величинѣ исключительно отъ величины угла и въ свою очередь характеризующее уголъ, называется синусомъ угла B и обозначается $\text{Sin } B$. И такъ

$$\frac{b}{a} = \text{Sin } B.$$

$$b = a \cdot \text{Sin } B.$$

Это и есть нужная намъ формула для вычисленія катета b ; слѣдственно катетъ треугольника равенъ гипотенузѣ, умноженной на синусъ противолежащаго угла. Такимъ образомъ, если бы для даннаго угла мы знали величину его синуса, то при любой длинѣ гипотенузы нашли бы соответствующій катетъ, помноживъ гипотенузу на этотъ синусъ. Укажемъ на свойства синуса. Съ увеличеніемъ угла синусъ его возрастаетъ, легко замѣтить, увеличивъ уголъ B ; когда уголъ увеличится до 90° , синусъ его будетъ $=1$, такъ какъ b сравняется съ a . Съ уменьшеніемъ угла будетъ уменьшаться и синусъ, и при $B=0^\circ$ и синусъ обращается въ 0. Такимъ образомъ съ измѣненіемъ угла отъ 0° до 90° синусъ возрастаетъ отъ 0 до 1; вообще это есть правильная дробь.

* Какъ вопросъ о накладкѣ по координатамъ можетъ интересоватъ и лицъ, не знающихъ тригонометріей, то ниже объяснены подробно понятія синуса и косинуса угла, а также для вычисленія координатъ точекъ.

угла В косинусъ его убываетъ, какъ легко замѣтить по чертежу, увеличивъ уголъ. Если $\angle B=90^\circ$, то $c=0$ и $\text{Cos } 90^\circ=0$; если же $\angle B=0^\circ$, то $a=c$ и $\text{Cos } 0^\circ=1$; вообще косинусъ есть правильная дробь.

Если вернемся къ чертежу 331, то замѣтимъ, что катетъ Af или Δx лежатъ при углѣ r , а потому онъ вычисляется по приведенной сейчасъ формулѣ, именно:

$$\Delta x = a \cdot \text{Cos } r.$$

Для нашего примѣра $\Delta x=125 \cdot \text{Cos } 38^\circ 40'$. Вычислимъ Δx . На стр. 261 въ табл. Гаусса имѣемъ противъ угла $38^\circ 40'$ величину $\text{Cos } 38^\circ 40'$, помноженную на 10, 20, 30 и т. д., именно видимъ 7,808; 15,616; 23,424...

Пользуясь числами таблицы, получимъ подобно тому, какъ и для синуса, что $125 \cdot \text{Cos } 38^\circ 40' = 7,808 \cdot 10 + 15,616 + 39,04 : 10$ или

$$\begin{array}{r} 78,08 \\ 15,616 \\ 3,904 \\ \hline 125 \cdot \text{Cos } 38^\circ 40' = 97,600 \end{array}$$

Итакъ обѣ координаты точки В нами найдены: $x=97,6$; $y=78,1$. Отложивъ по масштабу 97,6 по оси x вверхъ отъ точки А до точки f, а затѣмъ отложивъ 78,1 на линіи параллельной оси yy , идущей черезъ точку f, получили бы на чертежѣ точку В.

Такъ какъ приращенія координатъ для дальнѣйшихъ точекъ, т. е. величины Δx и Δy для этихъ точекъ служатъ вездѣ катетами прямоугольных Δ -никовъ, въ которыхъ гипотенуза есть длина линіи мѣстности, а острый уголъ равенъ румбу этой линіи, то всѣ приращенія координатъ вычисляются одинаково по найденнымъ формуламъ

$$\Delta x = a \cdot \text{Cos } r, \quad \Delta y = a \cdot \text{Sin } r,$$

гдѣ при нихъ ставится знакъ (+) или (—), въ зависимости отъ названнаго румба линіи, какъ указано выше.

Сдѣлаемъ еще нѣкоторыя указанія.

1. Два острыхъ угла прямоугольнаго Δ -ка дополняютъ другъ друга до 90° ; если нашъ уголъ $38^\circ 40'$, то второй острый уголъ $=51^\circ 20'$ (чер. 333).

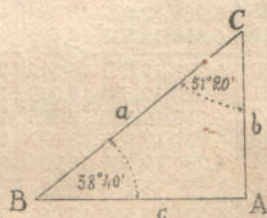
Катетъ b , противолежащій углу $38^\circ 40'$, будетъ въ то же время катетомъ прилежащимъ къ углу $51^\circ 20'$; поэтому отношеніе

будетъ одновременно синусомъ $\angle B$ и

косинусомъ $\angle C$. Такимъ образомъ $\text{Sin } 38^\circ 40' = \text{Cos } 51^\circ 20'$. Подобно этому отношеніе

будетъ одновременно косинусомъ $\angle B$ и

синусомъ $\angle C$, т. е. $\text{Cos } 38^\circ 40' = \text{Sin } 51^\circ 20'$. Ввиду этого таблицы для синуса



Чер. 333.

/										Cent.																																																																							
	10	20	30	40	50	60	70	80	90																																																																								
0	6,157	12,313	18,470	24,63	30,78	36,94	43,10	49,25	55,41	60	<table border="1"> <tr><td colspan="5">0</td></tr> <tr><td>0</td><td>00</td><td>01</td><td>01</td><td>02</td></tr> <tr><td>1</td><td>06</td><td>07</td><td>07</td><td>08</td></tr> <tr><td>2</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>14</td></tr> <tr><td>3</td><td>19</td><td>19</td><td>20</td><td>20</td></tr> <tr><td>4</td><td>25</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td></tr> <tr><td>5</td><td>31</td><td>32</td><td>32</td><td>33</td></tr> <tr><td>6</td><td>37</td><td>38</td><td>38</td><td>39</td></tr> <tr><td>7</td><td>43</td><td>44</td><td>45</td><td>45</td></tr> <tr><td>8</td><td>50</td><td>50</td><td>51</td><td>51</td></tr> <tr><td>9</td><td>56</td><td>56</td><td>57</td><td>58</td></tr> </table>	0					0	00	01	01	02	1	06	07	07	08	2	12	13	14	14	3	19	19	20	20	4	25	25	26	27	5	31	32	32	33	6	37	38	38	39	7	43	44	45	45	8	50	50	51	51	9	56	56	57	58															
0																																																																																	
0	00	01	01	02																																																																													
1	06	07	07	08																																																																													
2	12	13	14	14																																																																													
3	19	19	20	20																																																																													
4	25	25	26	27																																																																													
5	31	32	32	33																																																																													
6	37	38	38	39																																																																													
7	43	44	45	45																																																																													
8	50	50	51	51																																																																													
9	56	56	57	58																																																																													
1	6,159	12,318	18,477	24,64	30,79	36,95	43,11	49,27	55,43	59																																																																							
2	6,161	12,322	18,484	24,64	30,81	36,97	43,13	49,29	55,45	58																																																																							
3	6,163	12,327	18,490	24,65	30,82	36,98	43,14	49,31	55,47	57																																																																							
4	6,166	12,332	18,497	24,66	30,83	36,99	43,16	49,33	55,49	56																																																																							
5	6,168	12,336	18,504	24,67	30,84	37,01	43,18	49,34	55,51	55																																																																							
6	6,170	12,341	18,511	24,68	30,85	37,02	43,19	49,36	55,53	54																																																																							
7	6,173	12,345	18,518	24,69	30,86	37,04	43,21	49,38	55,55	53																																																																							
8	6,175	12,350	18,525	24,70	30,87	37,05	43,22	49,40	55,57	52																																																																							
9	6,177	12,354	18,532	24,71	30,89	37,06	43,24	49,42	55,60	51																																																																							
10	6,180	12,359	18,539	24,72	30,90	37,08	43,26	49,44	55,62	50	<table border="1"> <tr><td colspan="5">5</td></tr> <tr><td>0</td><td>03</td><td>04</td><td>04</td><td>05</td></tr> <tr><td>1</td><td>09</td><td>10</td><td>11</td><td>11</td></tr> <tr><td>2</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>17</td></tr> <tr><td>3</td><td>22</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td></tr> <tr><td>4</td><td>28</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td></tr> <tr><td>5</td><td>34</td><td>35</td><td>35</td><td>36</td></tr> <tr><td>6</td><td>40</td><td>41</td><td>41</td><td>42</td></tr> <tr><td>7</td><td>46</td><td>47</td><td>48</td><td>48</td></tr> <tr><td>8</td><td>53</td><td>53</td><td>54</td><td>54</td></tr> <tr><td>9</td><td>59</td><td>59</td><td>60</td><td>61</td></tr> </table>	5					0	03	04	04	05	1	09	10	11	11	2	15	16	17	17	3	22	22	23	24	4	28	28	29	30	5	34	35	35	36	6	40	41	41	42	7	46	47	48	48	8	53	53	54	54	9	59	59	60	61															
5																																																																																	
0	03	04	04	05																																																																													
1	09	10	11	11																																																																													
2	15	16	17	17																																																																													
3	22	22	23	24																																																																													
4	28	28	29	30																																																																													
5	34	35	35	36																																																																													
6	40	41	41	42																																																																													
7	46	47	48	48																																																																													
8	53	53	54	54																																																																													
9	59	59	60	61																																																																													
11	6,182	12,364	18,545	24,73	30,91	37,09	43,27	49,45	55,64	49																																																																							
12	6,184	12,368	18,552	24,74	30,92	37,10	43,29	49,47	55,66	48																																																																							
13	6,186	12,373	18,559	24,75	30,93	37,12	43,30	49,49	55,68	47																																																																							
14	6,189	12,377	18,566	24,75	30,94	37,13	43,32	49,51	55,70	46																																																																							
15	6,191	12,382	18,573	24,76	30,95	37,15	43,34	49,53	55,72	45																																																																							
16	6,193	12,386	18,580	24,77	30,97	37,16	43,35	49,55	55,74	44																																																																							
17	6,196	12,391	18,587	24,78	30,98	37,17	43,37	49,56	55,76	43																																																																							
18	6,198	12,396	18,593	24,79	30,99	37,19	43,38	49,58	55,78	42																																																																							
19	6,200	12,400	18,600	24,80	31,00	37,20	43,40	49,60	55,80	41																																																																							
20	6,202	12,405	18,607	24,81	31,01	37,21	43,42	49,62	55,82	40	<table border="1"> <tr><td colspan="7"></td></tr> <tr><td>0,1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>0,2</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>0,3</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td></tr> <tr><td>0,4</td><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><td>0,5</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td>0,6</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>0,7</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>0,8</td><td>2</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> <tr><td>0,9</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> </table>								0,1	0	0	0	0	1	1	0,2	0	1	1	1	1	1	0,3	1	1	1	2	2	2	0,4	1	1	2	2	3	3	0,5	1	2	2	3	3	4	0,6	1	2	3	4	4	5	0,7	1	2	3	4	5	5	0,8	2	2	3	4	5	6	0,9	2	3	4	4	5	6
0,1	0	0	0	0	1	1																																																																											
0,2	0	1	1	1	1	1																																																																											
0,3	1	1	1	2	2	2																																																																											
0,4	1	1	2	2	3	3																																																																											
0,5	1	2	2	3	3	4																																																																											
0,6	1	2	3	4	4	5																																																																											
0,7	1	2	3	4	5	5																																																																											
0,8	2	2	3	4	5	6																																																																											
0,9	2	3	4	4	5	6																																																																											
21	6,205	12,409	18,614	24,82	31,02	37,23	43,43	49,64	55,84	39																																																																							
22	6,207	12,414	18,621	24,83	31,03	37,24	43,45	49,66	55,86	38																																																																							
23	6,209	12,418	18,628	24,84	31,05	37,26	43,46	49,67	55,88	37																																																																							
24	6,211	12,423	18,634	24,85	31,06	37,27	43,48	49,69	55,90	36																																																																							
25	6,214	12,428	18,641	24,86	31,07	37,28	43,50	49,71	55,92	35																																																																							
26	6,216	12,432	18,648	24,86	31,08	37,30	43,51	49,73	55,94	34																																																																							
27	6,218	12,437	18,655	24,87	31,09	37,31	43,53	49,75	55,96	33																																																																							
28	6,221	12,441	18,662	24,88	31,10	37,32	43,54	49,76	55,99	32																																																																							
29	6,223	12,446	18,669	24,89	31,11	37,34	43,56	49,78	56,01	31																																																																							
30	6,225	12,450	18,675	24,90	31,13	37,35	43,58	49,80	56,03	30																																																																							
31	6,227	12,455	18,682	24,91	31,14	37,36	43,59	49,82	56,05	29																																																																							
32	6,230	12,459	18,689	24,92	31,15	37,38	43,61	49,84	56,07	28																																																																							
33	6,232	12,464	18,696	24,93	31,16	37,39	43,62	49,86	56,09	27																																																																							
34	6,234	12,468	18,703	24,94	31,17	37,41	43,64	49,87	56,11	26																																																																							
35	6,237	12,473	18,710	24,95	31,18	37,42	43,66	49,89	56,13	25																																																																							
36	6,239	12,478	18,716	24,96	31,19	37,43	43,67	49,91	56,15	24																																																																							
37	6,241	12,482	18,723	24,96	31,21	37,45	43,69	49,93	56,17	23																																																																							
38	6,243	12,487	18,730	24,97	31,22	37,46	43,70	49,95	56,19	22																																																																							
39	6,246	12,491	18,737	24,98	31,23	37,47	43,72	49,96	56,21	21																																																																							
40	6,248	12,496	18,744	24,99	31,24	37,49	43,74	49,98	56,23	20	<table border="1"> <tr><td colspan="4">0</td></tr> <tr><td>0</td><td>00</td><td>01</td><td>01</td></tr> <tr><td>1</td><td>06</td><td>07</td><td>08</td></tr> <tr><td>2</td><td>13</td><td>13</td><td>14</td></tr> <tr><td>3</td><td>19</td><td>19</td><td>20</td></tr> <tr><td>4</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td></tr> <tr><td>5</td><td>31</td><td>32</td><td>33</td></tr> <tr><td>6</td><td>38</td><td>38</td><td>39</td></tr> <tr><td>7</td><td>44</td><td>44</td><td>45</td></tr> <tr><td>8</td><td>50</td><td>51</td><td>51</td></tr> <tr><td>9</td><td>56</td><td>57</td><td>58</td></tr> </table>	0				0	00	01	01	1	06	07	08	2	13	13	14	3	19	19	20	4	25	26	27	5	31	32	33	6	38	38	39	7	44	44	45	8	50	51	51	9	56	57	58																										
0																																																																																	
0	00	01	01																																																																														
1	06	07	08																																																																														
2	13	13	14																																																																														
3	19	19	20																																																																														
4	25	26	27																																																																														
5	31	32	33																																																																														
6	38	38	39																																																																														
7	44	44	45																																																																														
8	50	51	51																																																																														
9	56	57	58																																																																														
41	6,250	12,500	18,750	25,00	31,25	37,50	43,75	50,00	56,25	19																																																																							
42	6,252	12,505	18,757	25,01	31,26	37,51	43,77	50,02	56,27	18																																																																							
43	6,255	12,509	18,764	25,02	31,27	37,53	43,78	50,04	56,29	17																																																																							
44	6,257	12,514	18,771	25,03	31,28	37,54	43,80	50,06	56,31	16																																																																							
45	6,259	12,518	18,778	25,04	31,30	37,56	43,81	50,07	56,33	15																																																																							
46	6,262	12,523	18,785	25,05	31,31	37,57	43,83	50,09	56,35	14																																																																							
47	6,264	12,528	18,791	25,06	31,32	37,58	43,85	50,11	56,37	13																																																																							
48	6,266	12,532	18,798	25,06	31,33	37,60	43,86	50,13	56,39	12																																																																							
49	6,268	12,537	18,805	25,07	31,34	37,61	43,88	50,15	56,41	11																																																																							
50	6,271	12,541	18,812	25,08	31,35	37,62	43,89	50,16	56,44	10																																																																							
51	6,273	12,546	18,819	25,09	31,36	37,64	43,91	50,18	56,46	9																																																																							
52	6,275	12,550	18,825	25,10	31,38	37,65	43,93	50,20	56,48	8																																																																							
53	6,277	12,555	18,832	25,11	31,39	37,66	43,94	50,22	56,50	7																																																																							
54	6,280	12,559	18,839	25,12	31,40	37,68	43,96	50,24	56,52	6																																																																							
55	6,282	12,564	18,846	25,13	31,41	37,69	43,97	50,26	56,54	5																																																																							
56	6,284	12,568	18,852	25,14	31,42	37,70	43,99	50,27	56,56	4																																																																							
57	6,286	12,573	18,859	25,15	31,43	37,72	44,00	50,29	56,58	3																																																																							
58	6,289	12,577	18,866	25,15	31,44	37,73	44,02	50,31	56,60	2																																																																							
59	6,291	12,582	18,873	25,16	31,45	37,75	44,04	50,33	56,62	1																																																																							
60	6,293	12,586	18,880	25,17	31,47	37,76	44,05	50,35	56,64	0																																																																							

1	Cos.									Cent.	
	10	20	30	40	50	60	70	80	90		
0	7,880	15,760	23,640	31,52	39,40	47,28	55,16	63,04	70,92	60	
1	7,878	15,757	23,635	31,51	39,39	47,27	55,15	63,03	70,90	59	0 1 2 3 4
2	7,877	15,753	23,630	31,51	39,38	47,26	55,14	63,01	70,89	58	0 00 01 02 02 03
3	7,875	15,749	23,624	31,50	39,37	47,25	55,12	63,00	70,87	57	1 08 09 09 10 11
4	7,873	15,746	23,619	31,49	39,36	47,24	55,11	62,98	70,86	56	2 16 16 17 18 19
5	7,871	15,742	23,613	31,48	39,36	47,23	55,10	62,97	70,84	55	3 24 24 25 26 27
6	7,869	15,739	23,608	31,48	39,35	47,22	55,09	62,95	70,82	54	4 31 32 33 34 35
7	7,868	15,735	23,603	31,47	39,34	47,21	55,07	62,94	70,81	53	5 39 40 41 42 42
8	7,866	15,732	23,597	31,46	39,33	47,19	55,06	62,93	70,79	52	6 47 48 49 49 50
9	7,864	15,728	23,592	31,46	39,32	47,18	55,05	62,91	70,78	51	7 55 56 57 57 58
10	7,862	15,724	23,586	31,45	39,31	47,17	55,04	62,90	70,76	50	8 63 64 64 65 66
11	7,860	15,721	23,581	31,44	39,30	47,16	55,02	62,88	70,74	49	9 71 71 72 73 74
12	7,859	15,717	23,576	31,43	39,29	47,15	55,01	62,87	70,73	48	5 6 7 8 9
13	7,857	15,714	23,570	31,43	39,28	47,14	55,00	62,85	70,71	47	0 04 05 05 06 07
14	7,855	15,710	23,565	31,42	39,27	47,13	54,98	62,84	70,69	46	1 12 13 13 14 15
15	7,853	15,706	23,560	31,41	39,27	47,12	54,97	62,83	70,68	45	2 20 20 21 22 23
16	7,851	15,703	23,554	31,41	39,26	47,11	54,96	62,81	70,66	44	3 27 28 29 30 31
17	7,850	15,699	23,549	31,40	39,25	47,10	54,95	62,80	70,65	43	4 35 36 37 38 38
18	7,848	15,696	23,543	31,39	39,24	47,09	54,93	62,78	70,63	42	5 43 44 45 46 46
19	7,846	15,692	23,538	31,38	39,23	47,08	54,92	62,77	70,61	41	6 51 52 53 53 54
20	7,844	15,688	23,532	31,38	39,22	47,06	54,91	62,75	70,60	40	7 59 60 60 61 62
21	7,842	15,685	23,527	31,37	39,21	47,05	54,90	62,74	70,58	39	8 67 68 68 69 70
22	7,841	15,681	23,522	31,36	39,20	47,04	54,88	62,72	70,56	38	9 75 75 76 77 78
23	7,839	15,677	23,516	31,35	39,19	47,03	54,87	62,71	70,55	37	
24	7,837	15,674	23,511	31,35	39,18	47,02	54,86	62,70	70,53	36	
25	7,835	15,670	23,505	31,34	39,18	47,01	54,85	62,68	70,52	35	
26	7,833	15,667	23,500	31,33	39,17	47,00	54,83	62,67	70,50	34	
27	7,832	15,663	23,495	31,33	39,16	46,99	54,82	62,65	70,48	33	
28	7,830	15,659	23,489	31,32	39,15	46,98	54,81	62,64	70,47	32	
29	7,828	15,656	23,484	31,31	39,14	46,97	54,80	62,62	70,45	31	
30	7,826	15,652	23,478	31,30	39,13	46,96	54,78	62,61	70,43	30	
31	7,824	15,649	23,473	31,30	39,12	46,95	54,77	62,59	70,42	29	
32	7,822	15,645	23,467	31,29	39,11	46,93	54,76	62,58	70,40	28	
33	7,821	15,641	23,462	31,28	39,10	46,92	54,74	62,57	70,39	27	
34	7,819	15,638	23,456	31,28	39,09	46,91	54,73	62,55	70,37	26	
35	7,817	15,634	23,451	31,27	39,09	46,90	54,72	62,54	70,35	25	
36	7,815	15,630	23,446	31,26	39,08	46,89	54,71	62,52	70,34	24	
37	7,813	15,627	23,440	31,25	39,07	46,88	54,69	62,51	70,32	23	
38	7,812	15,623	23,435	31,25	39,06	46,87	54,68	62,49	70,30	22	
39	7,810	15,620	23,429	31,24	39,05	46,86	54,67	62,48	70,29	21	
40	7,808	15,616	23,424	31,23	39,04	46,85	54,66	62,46	70,27	20	
41	7,806	15,612	23,418	31,22	39,03	46,84	54,64	62,45	70,26	19	
42	7,804	15,609	23,413	31,22	39,02	46,83	54,63	62,43	70,24	18	
43	7,802	15,605	23,407	31,21	39,01	46,81	54,62	62,42	70,22	17	
44	7,801	15,601	23,402	31,20	39,00	46,80	54,60	62,41	70,21	16	
45	7,799	15,598	23,397	31,20	38,99	46,79	54,59	62,39	70,19	15	
46	7,797	15,594	23,391	31,19	38,99	46,78	54,58	62,38	70,17	14	
47	7,795	15,590	23,386	31,18	38,98	46,77	54,57	62,36	70,16	13	
48	7,793	15,587	23,380	31,17	38,97	46,76	54,55	62,35	70,14	12	
49	7,792	15,583	23,375	31,17	38,96	46,75	54,54	62,33	70,12	11	
50	7,790	15,579	23,369	31,16	38,95	46,74	54,53	62,32	70,11	10	
51	7,788	15,576	23,364	31,15	38,94	46,73	54,52	62,30	70,09	9	
52	7,786	15,572	23,358	31,14	38,93	46,72	54,50	62,29	70,07	8	
53	7,784	15,569	23,353	31,14	38,92	46,71	54,49	62,27	70,06	7	
54	7,782	15,565	23,347	31,13	38,91	46,69	54,48	62,26	70,04	6	
55	7,781	15,561	23,342	31,12	38,90	46,68	54,46	62,24	70,03	5	
56	7,779	15,558	23,336	31,12	38,89	46,67	54,45	62,23	70,01	4	
57	7,777	15,554	23,331	31,11	38,88	46,66	54,44	62,22	69,99	3	
58	7,775	15,550	23,325	31,10	38,88	46,65	54,43	62,20	69,98	2	
59	7,773	15,547	23,320	31,09	38,87	46,64	54,41	62,19	69,96	1	
60	7,771	15,543	23,314	31,09	38,86	46,63	54,40	62,17	69,94	0	
61	7,770	15,540	23,309	31,08	38,85	46,62	54,39	62,16	69,92		
62	7,768	15,536	23,303	31,07	38,84	46,61	54,37	62,14	69,90		
63	7,766	15,532	23,297	31,06	38,83	46,60	54,36	62,13	69,88		
64	7,764	15,528	23,291	31,05	38,82	46,59	54,34	62,11	69,86		
65	7,762	15,524	23,285	31,04	38,81	46,58	54,33	62,10	69,84		
66	7,760	15,520	23,279	31,03	38,80	46,57	54,31	62,08	69,82		
67	7,758	15,516	23,273	31,02	38,79	46,56	54,30	62,07	69,80		
68	7,756	15,512	23,267	31,01	38,78	46,55	54,28	62,05	69,78		
69	7,754	15,508	23,261	31,00	38,77	46,54	54,27	62,04	69,76		
70	7,752	15,504	23,255	30,99	38,76	46,53	54,25	62,02	69,74		
71	7,750	15,500	23,249	30,98	38,75	46,52	54,24	62,01	69,72		
72	7,748	15,496	23,243	30,97	38,74	46,51	54,22	61,99	69,70		
73	7,746	15,492	23,237	30,96	38,73	46,50	54,21	61,98	69,68		
74	7,744	15,488	23,231	30,95	38,72	46,49	54,19	61,96	69,66		
75	7,742	15,484	23,225	30,94	38,71	46,48	54,18	61,95	69,64		
76	7,740	15,480	23,219	30,93	38,70	46,47	54,16	61,93	69,62		
77	7,738	15,476	23,213	30,92	38,69	46,46	54,15	61,92	69,60		
78	7,736	15,472	23,207	30,91	38,68	46,45	54,13	61,90	69,58		
79	7,734	15,468	23,201	30,90	38,67	46,44	54,12	61,89	69,56		
80	7,732	15,464	23,195	30,89	38,66	46,43	54,10	61,87	69,54		
81	7,730	15,460	23,189	30,88	38,65	46,42	54,09	61,86	69,52		
82	7,728	15,456	23,183	30,87	38,64	46,41	54,07	61,84	69,50		
83	7,726	15,452	23,177	30,86	38,63	46,40	54,06	61,83	69,48		
84	7,724	15,448	23,171	30,85	38,62	46,39	54,04	61,81	69,46		
85	7,722	15,444	23,165	30,84	38,61	46,38	54,03	61,80	69,44		
86	7,720	15,440	23,159	30,83	38,60	46,37	54,01	61,78	69,42		
87	7,718	15,436	23,153	30,82	38,59	46,36	54,00	61,77	69,40		
88	7,716	15,432	23,147	30,81	38,58	46,35	53,98	61,75	69,38		
89	7,714	15,428	23,141	30,80	38,57	46,34	53,97	61,74	69,36		
90	7,712	15,424	23,135	30,79	38,56	46,33	53,95	61,72	69,34		
91	7,710	15,420	23,129	30,78	38,55	46,32	53,94	61,71	69,32		

совъ и косинусовъ составляются лишь для угловъ отъ 0° до 45° , такъ если нужно знать, напр., $\text{Sin } 65^\circ$, то мы отыщемъ равный ему по величинѣ $\text{Cos } 25^\circ$; точно также если нужно знать $\text{Cos } 65^\circ$, то отыщемъ $\text{Sin } 25^\circ$ равный искомому косинусу. Такимъ образомъ каждое число въ таблицѣ синусовъ имѣеть два значенія; это есть синусъ угла меньшаго 45° и косинусъ угла большаго 45° ; поэтому то и имѣются въ таблицахъ двѣ надписи, напр., на страницѣ 260: сверху Sin для угловъ отъ 38° до 39° , а снизу Cos для угловъ отъ 51° до 52° , дополнительныхъ до 90° ; подобно этому на стр. 261 каждое число дастъ косинусъ угла, меньшаго 45° , и синусъ угла большаго 45° . На страницѣ 260 таблицъ Гаусса минуты въ углахъ для синусовъ идутъ отъ $1'$ до $60'$ сверху внизъ слѣва страницы, а для косинусовъ снизу вверхъ справа той же страницы. На стр. же 261 минуты для косинусовъ идутъ слѣва страницы сверху внизъ, а для синусовъ справа страницы снизу вверхъ.

2. Для облегченія подсчета Δx и Δy въ случаѣ, если длина линіи содержитъ десятыя и сотыя доли сажени, помѣщены на правой сторонѣ таблицы приращенія координатъ для этихъ долей сажени вверхъ для верхней части таблицы, внизу—для нижней; здѣсь въ лѣвой вертикальной линіи стоятъ десятыя доли, а въ верхней горизонтальной сотыя доли сажени; приращенія же координатъ, въ сотыхъ доляхъ сажени, находятся на пересѣченіи соответствующихъ рядовъ чиселъ—горизонтального и вертикальнаго. Такъ въ нижней части таблицы на стран. 260 имѣемъ для длины 0,63 саж. приращеніе координатъ 39, т. е. 0,39; для длины 0,35 имѣемъ тамъ же приращеніе 0,22.

Въ серединѣ страницы таблицъ справа помѣщено приращеніе координатъ для десятихъ долей минутъ и для соответствующей табличной разности двухъ сосѣднихъ чиселъ таблицы—(верхняго и нижняго); такъ для приращенія угла $0,6'$ имѣемъ на стр. 260—при табличной разности 4—приращеніе координатъ 2. Это приращеніе при пользованіи синусомъ угла прибавляется, а при пользованіи косинусомъ вычитается. Наприм. если данъ уголъ $38^\circ 40,6'$, то для угловъ $38^\circ 40'$ и $38^\circ 41'$ при длинѣ линіи 20 саж. разность чиселъ таблицы равна $12,500 - 12,496 = 0,004$; табличная разность здѣсь 4 для $1'$, а для $0,6'$ она равна 2. Слѣдовательно Δy по формулѣ $20 \cdot \text{Sin } 38^\circ 40,6'$ будетъ равна $12,496 + 0,002 = 12,498$ с. Для полученія же Δx при длинѣ 20 саж. и при томъ же углѣ $38^\circ 40,6'$ пользуемся страницей 261. Здѣсь табличная разность чиселъ $15,616 - 15,612$ равна тоже 4; но такъ какъ съ увеличеніемъ угла на $1'$ табличное число уменьшилось, то приращеніе 0,002 нужно вычесть изъ 15,616 получимъ $\Delta x = 20 \cdot \text{Cos } 38^\circ 40,6' = 15,616 - 0,002 = 15,614$ саж.

3. Въ таблицахъ Гаусса синусы и косинусы, помноженные на 40,500 до 90° , помѣщены съ двумя десятичными знаками (для сбереженія мѣста), что вполне достаточно для линій длиною въ нѣсколько десятковъ сажень. Въ переносѣ же требуется эти числа увеличить въ 10 разъ для линій въ сотни сажень.

длиною, то въ такомъ случаѣ для большей точности (для полученія сотыхъ) пользуются числами таблицы для 10, 20 и 30 саж., которыя помѣщены съ 3-мя десятичными знаками, и большія числа сотенъ составляютъ изъ 100, 200 и 300; напр., если длина 700, то ее представляютъ, какъ сумму $300 + 300 + 100$; тогда синусъ и косинусъ, помноженные на 700, получатся съ точностью до сотыхъ долей.

4. Покажемъ на примѣрѣ полное вычисленіе Δx и Δy для румба г, равнаго ЮВ: $38^\circ 47,6'$, при длинѣ линіи $a = 568,56$ саж.

		$\Delta x = a \cdot \text{Cos } \gamma$	$\Delta y = a \cdot \text{Sin } \gamma$
Для $\gamma = 38,47,6'$	Для 300 с.	233,82	187,95
тоже . .	„ 200 „	155,88	125,30
тоже . .	„ 60 „	46,76	37,59
тоже . .	„ 8 „	6,235	5,012
тоже . .	„ 0,56 „	0,44	0,35
Для $a = 568,56$		443,14	356,20

И такъ $\Delta x = -443,14$; $\Delta y = +356,20$.

Табличное число 233,86 убавлено для $0,6'$ на $0,04$, такъ какъ съ увеличеніемъ угла косинусъ убываетъ; число 155,90 убавлено для $0,6'$ на $0,02$ по той же причинѣ и т. д. Для синуса же табличныя числа увеличены: такъ 187,91 увеличено на $0,04$; 125,28 увеличено на $0,02$ и т. д. При перемѣщеніи по линіи a на юго-востокъ (румбъ ЮВ) координата x убываетъ, такъ какъ мы опускаемся на чертежѣ книзу; поэтому Δx будетъ со знакомъ (—); координата же y при этомъ возрастаетъ, такъ какъ мы перемѣщаемся на чертежѣ вправо; поэтому Δy будетъ со знакомъ (+).

При пользованіи разсматриваемыми таблицами нужно помнить каждый разъ, что если румбъ меньше 45° то Δx вычисляется по правой страницѣ сверху (по косинусамъ), а Δy —по лѣвой сверху (по синусамъ); если же румбъ больше 45° , то Δx вычисляется по лѣвой страницѣ снизу (по косинусамъ), а Δy —по правой снизу (по синусамъ).

Въ практикѣ употребляются и другія таблицы для вычисленія приращеній координатъ, но сущность ихъ та же.

§ 137. Невязка въ координатахъ и ея уничтоженіе.

При накладкѣ многоугольника транспортиромъ, какъ мы видѣли, получается обыкновенно на чертежѣ невязка; если величина невязки окажется допустимой, то это служитъ повѣркой съемки и накладки. Посмотримъ теперь, какъ при пользованіи координатами повѣряются величины Δx и Δy , найденныя для всѣхъ сторонъ многоугольника. Представимъ себѣ, что мы

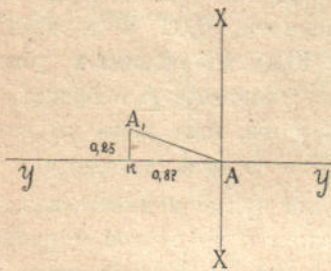
перемѣщаемся по бумагѣ изъ начала координатъ А (чер. 331) въ точку B , но не по линіи АВ, а по линіямъ Af и fB, равнымъ Δx и Δy ; такимъ же образомъ перемѣщаемся изъ В до точки С сперва параллельно оси XX на соответственную величину Δx , а затѣмъ параллельно оси YY на величину Δy и т. д. Въ результатѣ послѣ обхода всего многоугольника, если бы здѣсь не было никакихъ ошибокъ, мы должны вернуться въ исходную точку А. Разсмотримъ отдѣльно перемѣщенія, параллельныя оси XX, и отдѣльно—параллельныя оси YY. Чтобы при перемѣщеніяхъ, параллельныхъ оси XX, вернуться въ исходную точку, необходимо, чтобы мы на столько же поднялись вверхъ параллельно оси XX, на сколько опустились внизъ; иначе говоря, сумма положительныхъ Δx должна быть равна суммѣ отрицательныхъ; слѣдов., если сложить все найденныя Δx съ ихъ знаками по правиламъ алгебры, то въ суммѣ должно получиться нуль. Если сумму обозначимъ греческой буквой Σ (соотвѣтствуетъ русской „С“), то зависимость всехъ Δx между собою выразится равенствомъ

$$\Sigma \Delta x = 0 \dots \dots \dots (I)$$

Такимъ же образомъ найдемъ, что перемѣщенія по оси YY вправо и влево должны быть равны, а потому все Δy съ ихъ знаками должны удовлетворять равенству

$$\Sigma \Delta y = 0 \dots \dots \dots (II)$$

Такъ какъ Δx и Δy зависятъ лишь отъ измѣреній на мѣстности, то—въ случаѣ отсутствія ошибокъ въ самыхъ вычисленіяхъ—мы съ помощью равенствъ I и II повѣряемъ съемку.



Чер. 334.

Обыкновенно суммы эти равняются не нулю, а нѣкоторымъ небольшимъ величинамъ; пусть напр. $\Sigma \Delta x = +0,25$, $\Sigma \Delta y = -0,87$; въ первой суммѣ больше положительныхъ приращеній, чѣмъ отрицательныхъ, на 0,25 с., а во второй больше отрицательныхъ на 0,87 саж. Это равносильно тому, что послѣ всехъ перемѣщеній, параллельныхъ осямъ XX и YY, мы вернемся не въ начальную точку съ координатами

$x=0$ и $y=0$, а въ точку A_1 съ координатами $x=+0,25$, $y=-0,87$ (чер. 334). Длина AA_1 есть невязка въ периметрѣ многоугольника; величина ея опредѣлится изъ прямоугольнаго Δ -ка AkA_1 ; именно $AA_1 = \sqrt{(0,25)^2 + (0,87)^2}$. Невязка эта не должна превосходить нѣкоторой доли периметра, именно—не должна быть больше $1/1000$ периметра. Обыкновенно при внимательной съемкѣ она значительно меньше, напр. $1/3000$ периметра. Получившаяся невязка въ приращеніяхъ Δx , т. е. 0,25 раскладывается на все Δx пропорціонально длинѣ соответственныхъ сторонъ многоугольника, какъ увидимъ это ниже на примѣрѣ; такъ же раскладывается и невязка въ суммѣ Δy .

т. е. $-0,87$. После исправления всѣхъ Δx и Δy получимъ, что $\Sigma \Delta x = 0$ и $\Sigma \Delta y = 0$.

§ 138. Примѣръ вычисленія координатъ 5-угольника.

Покажемъ теперь, какъ обыкновенно располагаются въ особомъ журналѣ полученные результаты вычисленія координатъ.

Возьмемъ небольшой примѣръ вычисленія координатъ снятаго 5-угольника. Въ 1 столбцѣ стоятъ номера точекъ, во 2 и 3 столбцахъ выписаны румбы и длина линий, въ 4 и 5—приращенія координатъ, вычисленные по указанному выше способу, и подъ ними поправки приращеній.

Журналъ координатъ.

№ точки	Румбы (вычисленные)	Длина линий (горизонтал. продолженій)	Вычисленные		Исправленные		Координаты	
			Δx	Δy	Δx	Δy	x	y
I								
	ЮВ : 81°30'	630	- 93,11	+ 623,07	- 92,98	+ 622,90	+750,66	-113,46
			+ 0,13	- 0,17				
II							+ 657,68	+ 509,44
	СВ : 80°15'	587,5	+ 99,49	+ 579,01	+ 99,62	+ 578,85		
			+ 0,13	- 0,16				
III							+ 757,30	+ 1088,29
	ЮЗ : 13,12/	921	- 896,66	- 210,33	- 896,46	- 210,57		
			+ 0,20	- 0,24				
IV							- 139,16	+ 877,72
	СЗ : 81°	888,4	+ 138,97	- 877,48	+ 139,16	- 877,72		
			+ 0,19	- 0,24				
V							0	0
	СЗ : 8°35'	759	+ 750,50	- 113,26	+ 750,66	- 113,46		
			+ 0,16	- 0,20				
I								
	Сумма полож. приращ. =		+ 988,96	+ 1202,08	$\Sigma \Delta x = 0$	$\Sigma \Delta y = 0$		
	" отрицат. " =		- 989,77	- 1201,07				
	Невязка въ координ. . . .		$\Sigma \Delta x =$	$\Sigma \Delta y =$				
			= - 0,81	= + 1,01				

Послѣ сложения вычисленныхъ Δx и Δy получились невязки въ координатахъ: $-0,81$ и $+1,01$. Отсюда невязка въ периметръ = $\sqrt{(0,81)^2 + (1,01)^2} = \sqrt{1,6762} = 1,29$. Периметръ нашего 5-угольника 3789,5; невязка составляетъ $\frac{1,29}{3789,5} =$ около $\frac{1}{2900}$ периметра. Такая невязка допустима. Разложимъ невязку въ приращеніяхъ Δx , т. е. $-0,81$ на всѣ

Δx пропорціонально длинѣ линий такъ, чтобы $\Sigma \Delta x$ вышла равна 0. Всѣ Δx для этого должны быть увеличены въ общемъ на 0,81; положительныя Δx увеличатся, а отрицательныя по абсолютной величинѣ уменьшатся. Найдемъ, какая поправка придется на 1 сотню периметра. Въ периметрѣ приблизительно 38 сотенъ; $\frac{0,81}{38} =$ около 0,021. Умножая это число на числа сотенъ въ сторонахъ многоугольника, получимъ подписанныя подъ приращеніями Δx поправки: +0,13; +0,13; +0,20; +0,19 и +0,16; въ общемъ онѣ составятъ 0,81. Сдѣлавъ эти прибавки къ Δx , получимъ Δx исправленныя (въ 6-й вертикальной графѣ).

Исправимъ подобнымъ образомъ приращенія Δy , въ которыхъ невязка = +1,01. Для этого всѣ Δy нужно уменьшить; тогда абсолютная величина отрицательныхъ Δy увеличится. На 1 сотню периметра приходится поправки $\frac{1,01}{38} =$ около 0,027. Умножая это число на числа сотенъ въ сторонахъ, получимъ поправки: —0,17; —0,16; —0,24; —0,24 и —0,20. Введя эти поправки, получимъ Δy исправленныя (въ 7 графѣ). Послѣ исправленія нужно для повѣрки поправокъ взять опять сумму Δx и Δy ; должно получиться 0.

Имѣя приращенія координатъ, найдемъ координаты нашихъ точекъ. Начнемъ съ точки V, въ которой взято начало координатъ. Для этой точки $x=0$, $y=0$. Далѣе при переходѣ отъ V къ I имѣемъ $\Delta x = +750,66$ и $\Delta y = -113,46$; слѣд. для I точки $x = +750,66$; а $y = -113,46$. При переходѣ отъ точки I ко II имѣемъ $\Delta x = -92,98$ и $\Delta y = +622,90$; слѣд. для II точки $x = 750,66 - 92,98 = +657,68$ и $y = -113,46 + 622,90 = +509,44$. Такимъ же образомъ для точки III получимъ $x = +657,68 + 99,62 = +757,30$ и $y = +509,44 + 578,85 = +1088,29$; для точки IV получимъ $x = 757,30 - 896,46 = -139,16$ и $y = 1088,29 - 210,57 = +877,72$. Хотя нами найдены всѣ координаты, но для повѣрки слѣлаемъ еще переходъ отъ точки IV къ V; здѣсь имѣемъ $\Delta x = +139,16$ и $\Delta y = -877,72$; слѣдовательно для точки V получаемъ $x = -139,16 + 139,16 = 0$ и $y = +877,72 - 877,72 = 0$.

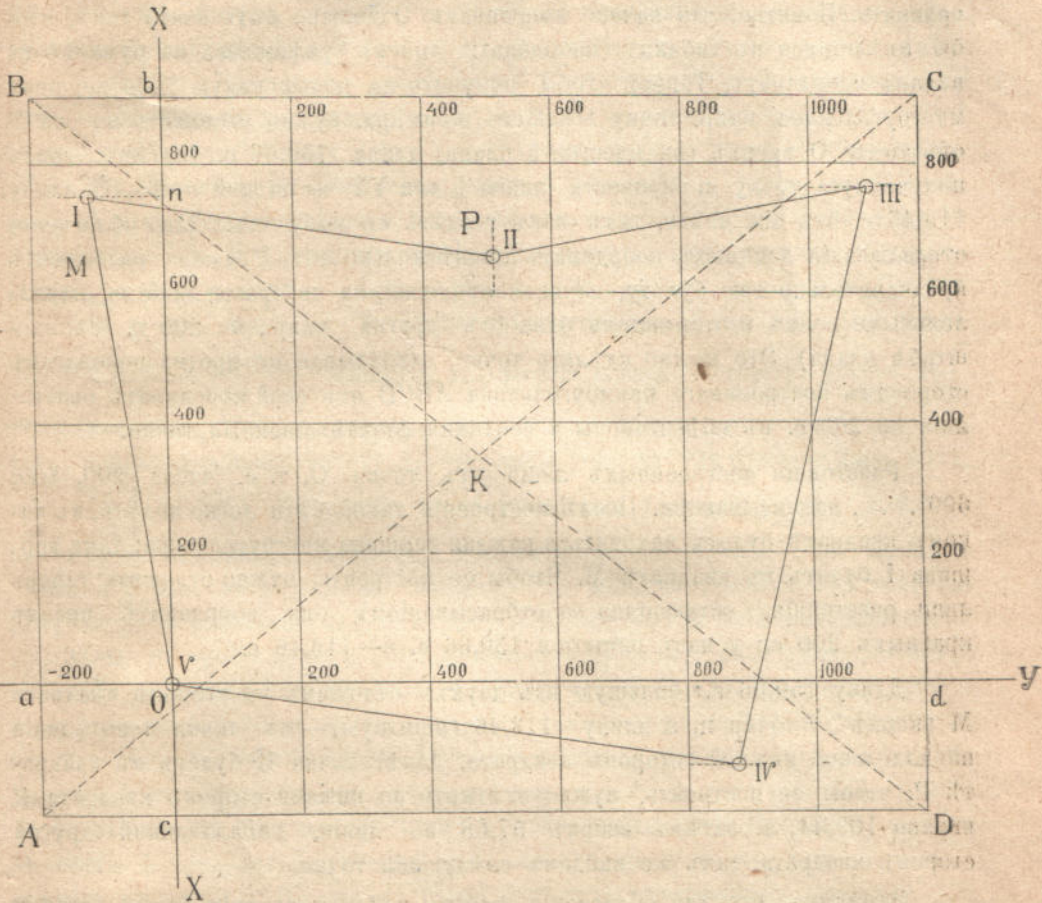
Координаты точки V получились тѣ же вторично, что и служатъ повѣркой вычислений.

§ 139. Накладка по найденнымъ координатамъ.

Теперь уже все подготовлено къ накладкѣ многоугольника на бумагу. Размѣры необходимаго листа бумаги опредѣляются слѣдующимъ образомъ: складываемъ абсолютныя величины наибольшей положительной и наибольшей отрицательной абсциссы (x); получимъ размѣръ бумаги сверху внизъ, а именно $757,30 + 139,16 = 896,46$ с. (въ масштабѣ). Если же сложимъ наибольшую положительную и наибольшую отрицательную ординаты (y), то получимъ, что въ нашемъ примѣрѣ нуженъ размѣръ листа справа налѣво $1088,29 + 113,46 = 1201,75$ с.

Передъ накладкой необходимо обратить вниманіе на вѣрность и ис-

правность чертежных инструментов: особенно важно, чтобы края линейки и угольника представляли прямые линии.



Чер. 335.

Накладка начинается построением на бумаге двух взаимно перпендикулярных линий, осей координат. Они должны быть построены возможно правильнее: их нельзя строить с помощью угольника—ввиду возможности ошибок, а следует построить перпендикуляр циркулем и линейкой, хорошо выверенной,—как решается задача на построение. Но так как при длинных линиях возможно уклонение вершины перпендикуляра в сторону, то рекомендуется еще иной способ построения осей координат. Именно, прочертим карандашом сперва две взаимно пересекающиеся прямые, соединяющие противоположные углы листа бумаги (чер. 335). От точки их пересечения K отложим на них равные линии до точек A , B , C и D и соединим эти точки последовательно,—получим правильный прямоугольник $ABCD$; после этого диагонали нужно стереть. Отложив по противоположным сторонам прямоугольника равные отрезки, напр. Aa и Dd , затем Ac и Bb , и соединя соответственные точки прямыми линия-

ми, получимъ линіи, параллельныя сторонамъ прямоугольника, а взаимно—перпендикулярныя. Такія линіи, напр. ad и bc , беремъ за оси координатъ. Понятно, что начало координатъ O должно быть взято такъ, чтобы имѣющіяся въ таблицѣ координаты точекъ умѣщались на бумагѣ отъ начала координатъ. Теперь чтобы получить на планѣ какую либо вершину многоугольника, напр. точку I нашего примѣра, нужно отложить по оси X отъ точки O вверхъ (въ масштабѣ плана) длину 750,66 с.; затѣмъ черезъ полученную точку n провести линію \parallel оси YU и на ней отложить длину 113,46 с. отъ оси влево, такъ какъ y здѣсь съ минусомъ. Для облегченія откладыванія длинныхъ координатъ въ нѣсколько сотъ саженъ разбиваютъ предварительно всю бумагу, начиная отъ осей, на квадраты линіями, параллельными осямъ и отстоящими одна отъ другой, напр., на 200 с. (въ масштабѣ плана). Это можно сдѣлать точно, откладывая по противоположнымъ сторонамъ построеннаго прямоугольника $ABCD$ отъ осей координатъ разстоянія по 200 с. въ обѣ стороны и соединяя соответственныя точки.

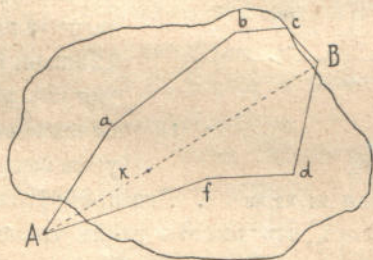
Разстоянія построенныхъ линій отъ точки O , т. е. числа 200, 400, 600 . . . надписываются. Послѣ построенія такой сѣти легко видѣть, въ какомъ квадратѣ будетъ находиться каждая вершина многоугольника; такъ вершина I будетъ въ квадратѣ M . Чтобы ее построить, нужно отложить теперь лишь разстоянія, остающіяся за отбрасываніемъ отъ координатъ чиселъ кратныхъ 200 с.; у насъ остаются 150,66 с. и—113,46 с.

Длину 150,66 с. (большую изъ двухъ) отложимъ на сторонѣ квадрата M вверхъ до точки n , а длину 113,46 (меньшую)—отъ точки n по линіи параллельной нижней сторонѣ квадрата. Далѣе точка II будетъ въ квадратѣ P ; чтобы ее построить, нужно отложить по нижней сторонѣ квадрата P вправо 109,44, а затѣмъ вверхъ 57,68 по линіи, параллельной другой сторонѣ квадрата; такъ же найдемъ слѣдующія точки.

Замѣтимъ, что для облегченія работы и для полученія болѣе точной накладкы продается бумага съ готовой требуемой сѣтью, нанесенной точно машиннымъ способомъ. Когда точки наложены, то для повѣрки, нѣтъ ли грубой ошибки въ накладкѣ, нужно взять съ плана длину линій $V-I$, $I-II$, и т. д. циркулемъ по масштабу и полученныя числа саженъ сравнить съ длиной тѣхъ же линій, имѣющейся въ журналѣ съемки. Послѣ накладкы окружной межи накладываются внутреннія подробности обычнымъ способомъ.

Способъ накладкы многоугольника по координатамъ его вершинъ имѣетъ слѣдующія преимущества передъ способомъ накладкы по румбамъ. 1) При накладкѣ по координатамъ отдѣльныя вершины наносятся точнѣе, чѣмъ при накладкѣ транспортиромъ. 2) Каждая вершина наносится на планъ независимо отъ другихъ, и неточность въ положеніи одной точки не вліяетъ на положеніе на планѣ другихъ точекъ, между тѣмъ какъ при накладкѣ транспортиромъ ошибка въ положеніи предыдущей точки вліяетъ на положеніе послѣдующихъ. 3) Очень легко повѣряется накладка сравненіемъ длины линій на планѣ съ длиной при съемкѣ, какъ сказано выше.

§ 140. Проведеніе просѣки черезъ лѣсъ между двумя данными точками. Сперва снимаемъ теодолитомъ замкнутый ломанный ходъ между данными точками А и В (чер. 336), пользуясь открытыми мѣстами, напр. ходъ $AabcBdf$. Вычисливъ координаты его вершинъ и уничтоживъ въ нихъ невязку, какъ разсказано выше, можемъ по координатамъ точекъ А и В опредѣлить румбъ линіи АВ, т. е. уголъ ея съ осью x -овъ,—слѣдующимъ образомъ. Обозначимъ координаты точки А черезъ x_1 и y_1 , а точки В черезъ x_2 и y_2 ; беремъ разности координатъ при переходѣ отъ точки А къ В; получимъ $x_2 - x_1$ и $y_2 - y_1$; эти разности соотвѣтствуютъ нашимъ обозначеніямъ Δx и Δy . Затѣмъ изъ чертежа 331 видимъ, что Δx и Δy или $x_2 - x_1$ и $y_2 - y_1$, являются катетами прямоугольнаго Δ -ка ABf . Отношеніе этихъ катетовъ $\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$ зависитъ только отъ величины острыхъ угловъ треугольника и даетъ, какъ извѣстно изъ тригонометріи, величину тангенса угла, противоположаго катету $y_2 - y_1$, напр. угла BAf или румба γ (чер. 331), т. е. $\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \text{tg } \gamma$. Вычисливъ этимъ способомъ тангенсъ румба, найдемъ по таблицѣ тангенсовъ величину соотвѣтствующаго угла γ . Что касается названія румба, то онъ легко найдется по знакамъ (+ или —), которые получаются у разностей $x_2 - x_1$ и $y_2 - y_1$; именно—если обѣ разности положительны, то румбъ будетъ СВ (сѣв.-востокъ); если первая разность положительна, а вторая отрицательна, то линія идетъ на сѣв.-зап.; если первая отрицательна, а вторая положительна, то линія идетъ на юго-востокъ; если же обѣ разности отрицательны, то румбъ линіи будетъ ЮЗ (юго-зап.). Найдя такимъ же образомъ по координатамъ точекъ А и а (чер. 336) румбъ линіи Аа можемъ получить по этимъ румбамъ уголъ aAB . Поставивъ затѣмъ въ точкѣ А теодолитъ и наведя трубу сперва по линіи Аа, поворачиваемъ алидаду на уголъ aAB ,—тогда труба покажетъ направленіе просѣки АВ. Для повѣрки можемъ опредѣлить и уголъ fAB (чер. 336). (Кромѣ того можемъ опредѣлить направленіе просѣки и съ обратнаго конца ея отъ точки



Чер. 336.

В, узнавъ подобно предыдущему углы cBA и dBA). Длина просѣки и вычислится по формулѣ $k = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$. Затѣмъ провѣшиваются изъ точки А линію, указываемую трубой, вырубая какъ можно меньше деревьевъ, т. е. ведутъ сперва такъ называемую визирку. Если съемка ломаннаго хода

вычисления были сдѣланы точно, то линия сразу попадетъ въ точку В. Если же получится разница (небольшая), то опустивъ изъ точки В перпендикуляръ BD (чер. 337) на проведенную линию AC, мы подобно предыдущему



Чер. 337.

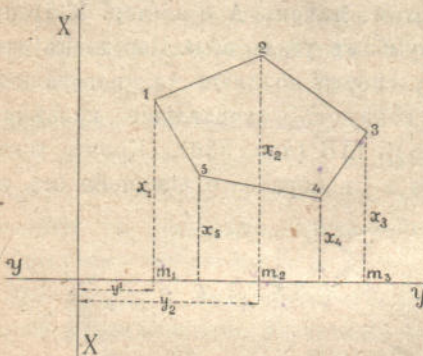
изъ получающагося прямоугольнаго Δ -ка ABD можемъ опредѣлить тангенсъ малаго угла BAD; именно $\operatorname{tg} \angle BAD = \frac{BD}{AD}$. Вычисливъ $\frac{BD}{AD}$, найдемъ по тангенсу уголъ BAD, на который нужно поправить уголъ aAB (чер. 336). Наводятъ тогда трубу по исправленному направленію для просѣки.

Подобнымъ же образомъ пользуются координатами и при назначеніи на мѣстности направленія туннеля при проведеніи желѣзныхъ дорогъ въ гористыхъ мѣстахъ. Направленіе туннеля часто намѣчается съ обѣихъ концовъ его.

§ 141. Вычисленіе площади по координатамъ.

Остается теперь опредѣлить площадь наложеннаго участка. Опредѣленіе это дѣлается не по плану, а по вычисленнымъ координатамъ по особой формулѣ и можетъ быть сдѣлано и раньше нанесенія точекъ на бумагу.

Для вывода этой формулы рассмотримъ сперва 5-угольникъ 1 2 3 4 5 съ вершинами 1, 2, 3, 4, 5 (чер. 338), расположенный въ правомъ верхнемъ



Чер. 338.

углу осей координатъ; координаты всѣхъ вершинъ его положительны. Опустимъ перпендикуляры изъ всѣхъ вершинъ на ось у-овъ. Обозначимъ координаты точки 1 черезъ x_1, y_1 , точки 2 черезъ x_2, y_2 и т. д. Площадь взятаго многоугольника $S = \text{пл. } 123m_3m_1$ безъ пл. $1543m_3m_1$; каждая изъ этихъ двухъ площ. ограничена частью периметра многоугольника, доходить до оси у-овъ и разбивается абсциссами x_1, x_2, x_3, \dots на прямоугольныя трапеціи $12m_2m_1$, $23m_3m_2$, и т. д. Замѣтимъ, что высоты этихъ трапецій слѣдующія: $m_1m_2 = y_2 - y_1$; $m_2m_3 = y_3 - y_2$ и т. д. Примѣняя формулу площади трапеціи, найдемъ, что площадь S даннаго 5-угольника выразится слѣдующимъ образомъ:

$$S = \frac{x_1 + x_2}{2} \cdot (y_2 - y_1) + \frac{x_2 + x_3}{2} \cdot (y_3 - y_2) - \frac{x_3 + x_4}{2} \cdot (y_3 - y_4) - \frac{x_4 + x_5}{2} \cdot (y_4 - y_5) - \frac{x_5 + x_1}{2} \cdot (y_5 - y_1).$$

Формулу эту преобразуем так, чтобы разность ординат y была во всѣх членахъ составлена однообразно: изъ y съ бѣльшимъ показателемъ вычитался бы y съ меньшимъ показателемъ. Для этого въ 3-хъ послѣднихъ членахъ придется разность $y_3 - y_4$ замѣнить равной ей величиной $-(y_4 - y_3)$ съ вынесениемъ знака минусъ за скобки; разность $y_4 - y_5$ замѣнится черезъ $-(y_5 - y_4)$ и т. д. Тогда произведение $-\frac{x_3+x_4}{2} \cdot -(y_4 - y_3)$, какъ произведение двухъ отрицательныхъ величинъ, по правилу знаковъ алгебры обратится въ $+\frac{x_3+x_4}{2} \cdot (y_4 - y_3)$. Тоже сдѣлаемъ и съ остальными двумя членами. Если кромѣ того помножимъ обѣ части равенства на 2, то получимъ для удвоенной площади пятиугольника слѣдующій многочленъ, однообразно составленный

$$2 S = (x_1+x_2) (y_2-y_1) + (x_2+x_3) (y_3-y_2) + (x_3+x_4) (y_4-y_3) + (x_4+x_5) (y_5-y_4) + (x_5+x_1) \cdot (y_1-y_5) \dots \dots \dots (I)$$

Это и есть одинъ видъ формулы для вычисленія площади пятиугольника. Такой же видъ будетъ имѣть формула площади всякаго многоугольника.

Найдемъ другой видъ формулы. Мы опускали перпендикуляры изъ всѣхъ вершинъ на ось y -овъ; если опустить ихъ на ось x -овъ, то получились бы трапеціи, площади которыхъ выражались бы формулами вида $\frac{y_2+y_3}{2} \cdot (x_2-x_3)$. Составивъ выраженіе всей площади пятиугольника изъ такихъ членовъ и преобразовавъ отрицательные члены подобно предыдущему, получимъ формулу для удвоенной площади пятиугольника въ другомъ видѣ, а именно:

$$2 S = (y_1+y_2) (x_1-x_2) + (y_2+y_3) \cdot (x_2-x_3) + (y_3+y_4) (x_3-x_4) + (y_4+y_5) (x_4-x_5) + (y_5+y_1) \cdot (x_5-x_1) \dots \dots \dots (II)$$

Нужно помнить, что въ формулахъ I и II нѣкоторые множители окажутся отрицательными, и тогда при ихъ перемноженіи нужно примѣнять правило знаковъ (плюсъ на минусъ даетъ минусъ).

Формулы эти остаются безъ измѣненія и при другомъ расположеніи осей координатъ относительно многоугольника, напр. когда оси координатъ будутъ пересѣкать многоугольникъ; тогда нѣкоторыя координаты будутъ отрицательны, и при ихъ сложении и вычитаніи нужно соблюдать правила алгебры. (Справедливость формулы для всѣхъ случаевъ можно провѣрить, передвигая оси координатъ вверхъ или вправо параллельно самимъ себѣ и измѣняя всѣ абсциссы или всѣ ординаты на одну и ту же величину).

Формулу I и II употребляютъ въ другомъ видѣ, сдѣлавъ нѣкоторыя преобразованія.

Преобразуемъ формулу I; прежде всего раскроемъ скобки и сдѣлаемъ приведеніе подобныхъ членовъ.

Получимъ

$$2 S = x_1 y_2 - x_2 y_1 + x_2 y_3 - x_3 y_2 + x_3 y_4 - x_4 y_3 + x_4 y_5 - x_5 y_4 + x_5 y_1 - x_1 y_5$$

Въ оставшихся послѣ сокращенія членахъ вынесемъ за скобки x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 и т. д.; тогда получимъ окончательно

$$2 S = x_1 (y_2 - y_5) + x_2 (y_3 - y_1) + x_3 (y_4 - y_2) + x_4 (y_5 - y_3) + x_5 (y_1 - y_4) \dots \dots \dots$$

Отдѣльныя слагаемыя этой формулы имѣютъ видъ $x_n (y_{n+1} - y_{n-1})$, гдѣ n —цѣлое число. Вынося же въ членахъ за скобки y_1, y_2 и т. д., получимъ другой видъ формулы:

$$2 S = y_1 (x_5 - x_2) + y_2 (x_1 - x_3) + y_3 (x_2 - x_4) + y_4 (x_3 - x_5) + y_5 (x_4 - x_1) \dots \dots \dots \quad (IV)$$

Отдѣльныя слагаемыя злѣсь имѣютъ видъ $y_n (x_{n-1} - x_{n+1})$, гдѣ n —цѣлое число.

Вычисленіе площади необходимо для повѣрки производить 2 раза 1) по формулѣ III и 2) по формулѣ IV; мы должны получить отвѣты тождественные.

Примѣнимъ выведенныя формулы къ вычисленію площади рассмотрѣннаго выше 5-угольника. Всѣ вычисленія, во избѣжаніе путаницы и ошибокъ располагаютъ въ таблицѣ, какъ показано ниже

№ точки	Координаты		Разности		Произведенія	
	х Абсциссы	у Ординаты	$x_{n-1} - x_{n+1}$	$y_{n+1} - y_{n-1}$	$y_n (x_{n-1} - x_{n+1})$	$x_n (y_{n+1} - y_{n-1})$
I	+750,66	-113,46	-657,68	+ 509,44	+ 74620,3728	+382416,2304
II	+657,68	+509,44	- 6,64	+1201,75	- 3382,6816	+790366,9400
III	+757,30	+1088,29	+796,84	+ 368,28	+867193,0036	+278898,4440
IV	-139,16	+877,72	+757,30	-1088,29	+664697,3560	+151446,4364
V	0	0	- 889,82	- 991,18	0	0
Сумма			0	0	$2S=1603128,0508$	$2S=1603128,0508$

$$S=801564 \text{ кв. с.} = 333 \text{ д. } 2364 \text{ кв. с.}$$

Въ этой таблицѣ числа разностей, входящихъ въ формулу для площади, образованы слѣд. образомъ. По формулѣ $x_{n-1} - x_{n+1}$ требуется для точки I изъ абсциссы предыдущей по периметру точки, т. е. V точки, вычесть абсциссу слѣдующей, т. е. II точки; такимъ образомъ имѣемъ: $0 - (-657,68) = +657,68$. Для точки II нужно изъ абсциссы точки I вычесть абсциссу точки III; получаемъ: $750,66 - 757,30 = -6,64$. Для точки III нужно изъ абсциссы II точки вычесть абсциссу IV точки; получаемъ: $657,68 - (-139,16) = 657,68 + 139,16 = +796,84$. Для точки IV нужно изъ

абсциссы III точки вычестъ абсциссу V точки; получаемъ: $757,30 - 0 = +757,30$. Наконецъ для точки V нужно изъ абсциссы точки IV вычестъ абсциссу точки I; получаемъ: $-139,16 - 750,66 = -889,82$. Въ слѣдующемъ столбцѣ разности ординатъ составлены по формулѣ $y_{n+1} - y_{n-1}$, т. е. для каждой точки нужно изъ ординаты дальнѣйшей точки вычестъ ординату предыдущей. Такимъ образомъ получимъ для I точки: $+509,44 - 0 = +509,44$; для II точки: $+1088,29 - (-113,46) = 1088,29 + 113,46 = +1201,75$; для III точки: $+877,72 - 509,44 = +368,28$; для IV точки: $0 - 1088,29 = -1088,29$; и для V точки: $-113,46 - 877,72 = -991,18$. Вычисленіе полученныхъ въ каждомъ столбцѣ разностей повѣряется тѣмъ, что алгебраическая сумма ихъ должна быть равна 0, т. е. сумма положительныхъ разностей должна быть равна суммѣ отрицательныхъ; это слѣдуетъ изъ формулъ III и IV; дѣйствительно, если выписать все разности координатъ, входящія въ произведенія каждой формулы, и сложить ихъ, то все координаты сократятся, такъ какъ каждая изъ нихъ входитъ дважды съ обратными знаками. Напр., изъ формулы III имѣемъ: $(y_2 - y_5) + (y_3 - y_1) + (y_4 - y_2) + (y_5 - y_3) + (y_1 - y_4) = 0$ (послѣ раскрытія скобокъ и приведенія членовъ). Слѣдовательно, если бы мы произвели указанныя здѣсь вычитанія (не раскрывая скобокъ) и потомъ сложили полученные разности, то должны были бы тоже получить 0. Въ нашей таблицѣ это и оправдывается.

Переходимъ къ числамъ слѣдующихъ 2-хъ столбцовъ таблицы, озаглавленныхъ „произведенія“. Числа предпоследняго столбца получаются по формулѣ IV умноженіемъ ординаты у каждой точки на стоящую въ той же горизонтальной строкѣ разность абсциссъ—съ соблюденіемъ правила знаковъ. Такъ для I точки имѣемъ: $(-113,46) \cdot (-657,68) = +74620,3728$; для точки II имѣемъ: $+509,44 \cdot (-6,64) = -3382,6816$ и т. д. Подобно этому числа послѣдняго столбца представляютъ произведенія чиселъ 1-го и 4-го столбцовъ. Складывая полученныя въ каждомъ столбцѣ произведенія, найдемъ двумя способами удвоенную площадь нашего участка въ квадр. саженьяхъ. Между полученными произведеніями имѣется одно со знакомъ —, именно— $3382,6816$; при сложеніи чиселъ столбца этотъ отрицательный членъ вычтется изъ суммы остальныхъ положительныхъ. Раздѣливъ полученную для всего столбца сумму на 2, найдемъ искомую площадь участка 333 дес. 2364 кв. с.

Изъ изложеннаго вычисленія площади мы видимъ, что оно производится по размѣрамъ, полученнымъ съ натуры при съемкѣ, а не по фигурѣ плана на бумагѣ; поэтому неточности въ вычерчиваніи плана не могутъ имѣть вліянія на опредѣленіе площади: лишь точность работы на полѣ имѣетъ здѣсь значеніе. А такъ какъ размѣры въ натурѣ (линіи и углы) могутъ быть взяты гораздо точнѣе, чѣмъ съ плана, то вычисленіе площади по координатамъ значительно точнѣе вычисленія планиметромъ, палеткой или геометрически съ помощью треугольниковъ. Для ускоренія работы полезно при вычисленіи произведеній пользоваться особымъ приборомъ

аритмометромъ. Замѣтимъ еще слѣдующее относительно формулъ III и IV. Разности координатъ, входящія въ ту и другую формулу, составлены изъ значкамъ при буквахъ не одинаково; такъ въ формулѣ III мы видимъ $u_1 - u_2$ и $x_1 - x_2$, а въ формулѣ IV видимъ $x_5 - x_2$. Если бы мы и въ формулѣ IV взяли $x_2 - x_5$ вмѣсто $x_5 - x_2$ и то же сдѣлали бы въ остальныхъ членахъ, то знаки (+) и (-) у всѣхъ разностей въ формулѣ IV перемѣнились бы на обратныя, а потому измѣнились бы знаки и у всѣхъ произведеній; тогда сумма отрицательныхъ произведеній вышла бы больше суммы положительныхъ, и мы получили бы для $2S$ ту же величину, но со знакомъ (-). Отбросивъ затѣмъ знакъ (-), получили бы искомую площадь; иначе говоря, на полученный въ окончательномъ результатѣ знакъ „минусъ“ не нужно обращать вниманія, лишь бы всѣ члены формулы были составлены однообразно.

§ 142. Дѣленіе земли на участки. Рассмотримъ слѣдующіе случаи.

1-й случай. Дѣленіе земли, наприм. городской земли или имѣнія, на участки для продажи, причемъ не задается заранѣе точная величина площади каждаго участка, а даются общія указанія о примѣрной величинѣ участковъ.

2-й случай. Дѣленіе земли, наприм. общественной земли села или земли имѣнія параллельными линіями на одинаковыя прямоугольныя „квѣтки“ по 10 десятинъ (напр. 160 саж. \times 150 саж.) или по 6 десятинъ (120 саж. \times 120 саж.) или менѣе, наприм. по 1 десятинѣ (60 саж. \times 40 саж.)—для удобства отдачи въ аренду или для болѣе мелкаго затѣмъ дѣленія при временномъ распредѣленіи земли. Въ этомъ случаѣ хотя и дается требованіе, чтобы участки земли („квѣтки“) имѣли опредѣленную площадь, но по крайнѣмъ раздѣляемой земли останутся отрѣзки такой величины, какая получится сама собой.

3-й случай. Дѣленіе земли на участки вполне опредѣленной, заранѣе установленной величины (площади), если качество земли одинаково. Этотъ случай труднѣе предыдущихъ.

4-й случай—самый сложный—когда требуется раздѣлить землю на участки опредѣленной площади, причемъ принимается во вниманіе и качество земли,—напр. 1 десятина средней по качеству земли принимается равноцѣвной неполной десятинѣ (напр. 2000 кв. саж.) лучшей земли или $1\frac{1}{4}$ десят. худшей земли—по взаимному соглашенію участниковъ. Таковъ случай дѣленія земли какого либо села на отруба при землеустройствѣ.

Послѣдовательный ходъ работы при дѣленіи земли на участки.

Возьмемъ сперва указанный выше 1-й случай. Вся работа по разбивкѣ земли слагается изъ слѣдующихъ отдѣльныхъ дѣйствій.

1-е дѣйствіе. Прежде всего производится съемка по возможности accuratная (теодолитомъ и лентой) окружной межи подлежащей дѣленію земли; а также снимаются внутреннія подробности, напр. дороги, положеніе которыхъ будетъ вліять на дѣленіе.

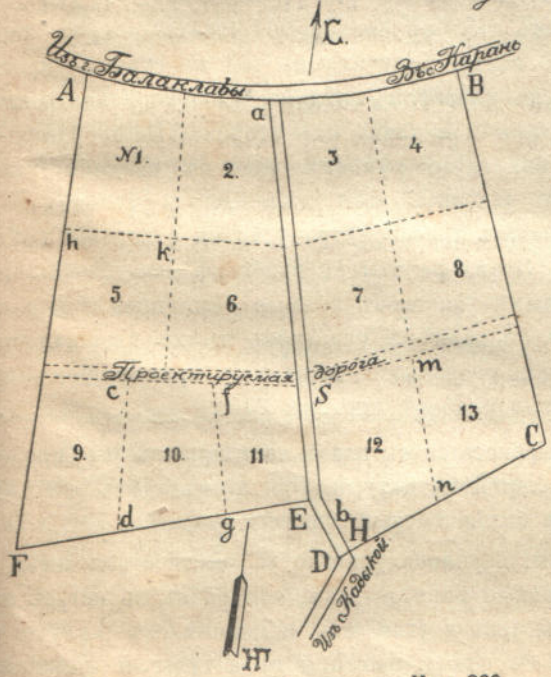
2-е дѣйствіе. Составляется планъ снятой площади съ соблюденіемъ ука-

анныхъ выше правилъ, приче́мъ примѣняются два способа: а) при работахъ, не требующихъ особенной точности, накладка дѣлается съ помощью транспортира по румбамъ сторонъ съ откладываніемъ длинъ по масштабу; площадь всей земли вычисляется тогда геометрически или планиметромъ; б) при точныхъ же работахъ накладка и вычисленіе площади дѣлается по координатамъ вершинъ и вообще—съ примѣненіемъ тригонометріи. Если граница земли криволинейная,—идеть частью по живому урочищу (напр. по рѣкѣ), то по координатамъ мы можемъ узнать лишь площадь внутри прямыхъ ходовыхъ линій; тогда при точныхъ работахъ осталъная часть площади—между прямой ходовой линіей и рѣкой опредѣляется по измѣреніямъ, сдѣланнымъ въ натурѣ для съемки рѣчки, т. е. по измѣреннымъ перпендикулярамъ и разстояніямъ между ними (размѣры эти пишутся и на чистовомъ планѣ): площадь представится разбитой этими линіями на трапеціи и легко вычислится.

Нужно замѣтить, что и при первомъ и при второмъ способѣ площадь вычисляется для повѣрки дважды разными приѣмами,—напр. геометрически и планиметромъ, или же по координатамъ по двумъ формуламъ (стр. 272).

3-е дѣйствіе. Выполняется дѣленіе земли на участки—сперва на вычерченномъ планѣ, т. е. составляется проектъ разбивки.

Планъ части общественной земли города Балаклавы Севастопольскаго Градоначальства, разбитой для продажи на участки отъ №1 до №13. Составленъ въ 1898 году



Экспликація		
№№ участков	Площадь	Фамилия владельцев
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		
11.		
12.		
13.		
Итого.		

Для этого прежде всего наносят на планъ (чер. 339) проектируемые дороги, затѣмъ намѣчаютъ участки, сообразуясь съ фигурой разбиваемой земли и стараясь придать участкамъ удобную прямоугольную форму, или возможности близкую къ прямоугольной; площади участковъ узнаются приблизительно умноженіемъ длины на ширину; новыя дороги должны быть удобны для проѣзда и давать подъѣзды ко всѣмъ участкамъ. Когда разбивка на планѣ сдѣлана, то при работахъ менѣ точныхъ опредѣляемъ длину новыхъ границъ участковъ циркулемъ по масштабу и румбы ихъ по транспортиру; величины эти надписываемъ временно на проектѣ разбивки.

При точныхъ же работахъ—опредѣляемъ координаты вершинъ участковъ по ходу разбивки, начиная отъ точекъ окружной межи. Такъ координаты точекъ А и F, а и Е известны изъ съемки окружной межи, а также известны румбы линий FA и аЕ (вычисленные для накладки). Откладывая на этихъ линияхъ выбранныя разстоянія напр. Ah, можемъ легко найти приращенія координатъ при переходѣ отъ точки А къ точкѣ h и т. д., т. е. будемъ знать координаты вершинъ участковъ на линияхъ AF и аЕ. Затѣмъ по координатамъ этихъ вершинъ опредѣляемъ румбы соединительныхъ (для противоположныхъ точекъ) линий, а также и длину линий; именно, подобно изложен. въ § 140, румбы

г опредѣлится по формулѣ $\operatorname{tg} r = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$, а длина к—по формулѣ $k =$

$= \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$, гдѣ x_1 и y_1 , x_2 и y_2 —координаты двухъ соединяемыхъ точекъ.

При отсутствіи таблицы тангенсовъ румбъ можетъ быть найденъ (послѣ опредѣленія длины к) по таблицамъ приращеній координатъ, напр. изъ равенства $y_2 - y_1 = k \cdot \operatorname{Sin} r$. Раздѣливъ $y_2 - y_1$ на к, найдемъ $\operatorname{Sin} r$; разыскавъ величину $\operatorname{Sin} r$ въ 1-мъ столбцѣ приращеній (здѣсь она въ таблицахъ Гаусса увеличена въ 10 разъ), получимъ въ той же строкѣ—противъ нея величину румба. Такимъ же способомъ найдемъ далѣе координаты всѣхъ вершинъ участковъ, а также румбы и длину ихъ сторонъ. По координатамъ вычисляемъ площади участковъ, а по румбамъ узнаемъ величину угловъ участковъ. (Можно площади находить еще дѣленіемъ 4-угольниковъ на Δ -ки, высоты которыхъ вычислять тригонометрически на основаніи найденныхъ уже сторонъ и угловъ). Этими работами по разбивкѣ на планѣ закончены. Если углы проектируемыхъ участковъ прямые (см. примѣръ для случая разбивки на чер. 340), то размѣры участковъ и ихъ площади найдутся проще и безъ вычисленія координатъ, хотя и съ примѣненіемъ тригонометріи, какъ разсказано при разборѣ чертежа 340.

4-е дѣйствіе. Разбивка переносится съ плана на мѣстность съ проведеніемъ послѣдовательно всѣхъ линий въ натурѣ. При этомъ здѣсь тоже нужно различать менѣ точный и болѣе точный способъ работы.

При первомъ способѣ мы, перенеся участки на мѣстность и имѣя съ проекта разбивки не очень точные размѣры ихъ, измѣряемъ въ натурѣ какъ длину всѣхъ сторонъ участковъ, такъ и углы ихъ и принимаемъ полученные числа за вѣрныя, а не числа съ плана; размѣры съ натуры и надписываемъ

ются на планѣ. По провѣренному такимъ образомъ плану разбитыхъ участковъ вычисляются площади ихъ геометрически и-планиметромъ (при менѣе точныхъ работахъ), и планъ вычерчивается начисто.

При способѣ же болѣе точномъ (съ примѣненіемъ тригонометріи при составленіи проекта разбивки) мы при переносѣ разбивки съ плана на мѣстность должны получить размѣры участковъ въ натурѣ вполнѣ согласные съ опредѣленными по плану. Разница между ними въ длинѣ линій можетъ быть лишь такая, какая вообще допускается при измѣреніи одной линіи лентой два раза (§ 21); разница же въ углахъ не должна превосходить точности нониуса. Существованіе большей разницы между натурой и планомъ указываетъ на вкрашіяся ошибки, которыя должны быть разысканы. (При короткихъ линіяхъ допускается въ углахъ разница больше—до 5'). Понятно отсюда, что вся работа, начиная съ основныхъ размѣровъ, т. е. со съемки окружной межи, должна вестись очень аккуратно, а во избѣжаніе ошибокъ размѣры полученныхъ участковъ и теперь должны быть провѣрены по натурѣ. Тогда только планъ разбивки вычерчивается начисто.

На мѣстности на всѣхъ углахъ разбитыхъ участковъ устанавливаются столбы и окапываются. При казенныхъ работахъ въ землеустройствѣ на столбахъ ставится изображеніе государственнаго герба со стороны обращенной впередъ по ходу. Знаки на углахъ ставятъ и каменные или изъ старыхъ дымогарныхъ трубъ, вкапываемыхъ на большую глубину (больше аршина). По границамъ участковъ проводятъ канавки, пользуясь шнуромъ при небольшихъ участкахъ, или проводятъ борозды плугомъ. На каменныхъ мѣстахъ, на скалахъ границы участковъ обозначаются масляной краской или известкой.

Нужно еще помнить, что дороги при разбивкѣ должны имѣть надлежащую ширину; такъ—существующія главныя (земскія) транзитныя дороги должны имѣть ширину 15 саж.; между участками же дороги дѣлаются отъ 2-хъ до 3-хъ саж. ширины или болѣе, смотря по ихъ важности.

На планѣ участки обозначаются номерами довольно крупными цифрами, а затѣмъ составляется для нихъ экспликація съ указаніемъ площади каждаго участка и рода земли. Понятно, что сумма площадей всѣхъ участковъ должна быть равна общей, опредѣленной заранѣе, площади всей разбиваемой земли. Если бы оказалась допустимая разница (§ 112), то она разбивается на всѣ участки пропорціонально ихъ величинѣ.

2-й случай разбивки—именно дѣленіе земли на одинаковыя клѣтки съ полученіемъ по краямъ остающихся обрѣзковъ—выполняется слѣдующимъ образомъ. Подобно предыдущему дѣлается съемка окружной межи и внутреннихъ подробностей и накладка плана. Затѣмъ на планѣ наносятся клѣтки. Для этого выбирается по соглашенію съ владѣльцемъ болѣе длинная или болѣе удобная по хозяйственнымъ соображеніямъ сторона окружной межи (или же проводится такая линія внутри владѣнія) и на ней, сперва на планѣ, начиная съ одного конца, откладывается ширина клѣтокъ, напр. при дѣ-

ленія на клѣтки по 6 десятинъ откладываемъ по 120 саж. да еще межника, напр. 0,5 саж.,—если межники оставляютъ между клѣтками.

Въ концѣ линіи останется длина меньшая 120-ти саж.; сумма отложенныхъ частей должна быть равна общей длинѣ взятой стороны одной межи. Черезъ полученные точки проводимъ (на планѣ) перпендикуляры къ выбранной сторонѣ: разстоянія между ихъ дальними концами провѣряемъ циркулемъ и должны быть таковы же, какъ и въ началѣ, напр. 120 саж. По этимъ перпендикулярамъ откладываемъ циркулемъ размѣры клѣтокъ и соединяемъ соотвѣтственныя точки; тогда и получатся квадраты. Оставшіяся по краямъ части квадратовъ обмѣряются либо циркулемъ, либо—точнѣе—стороны ихъ вычисляются съ помощью тригонометріи по имѣющимся угламъ и сосѣднимъ сторонамъ.

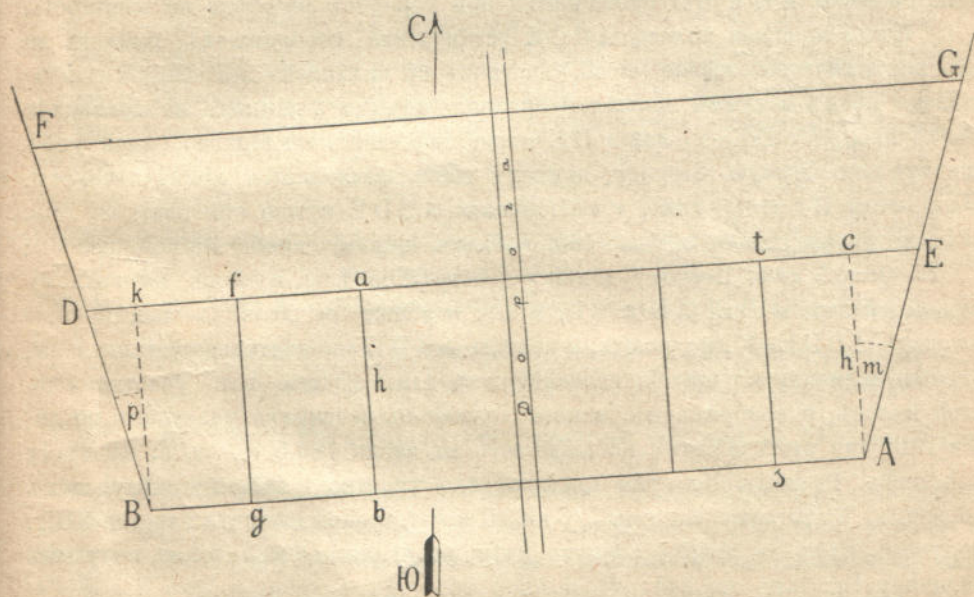
Затѣмъ разбивка переносится на мѣстность. Для этого отмѣряемъ въ первой выбранной нами сторонѣ по 120 с.+0,5 с. на межникъ. Отмѣчаемъ точки обозначимъ кольями, ямками или окапываемъ. Далѣе ставимъ въ этихъ точкахъ теодолитъ и проводимъ къ взятой сторонѣ новыя линіи точно подъ угломъ 90°, пользуясь лимбомъ и алидадой (эккеръ не даетъ достаточно точныхъ перпендикуляровъ). На перпендикулярахъ откладываемъ опять по 120 саж., получимъ въ натурѣ квадраты въ 6 десят. Разстоянія между возставленными перпендикулярами должны по всей длинѣ получиться въ 120 с. Но такъ какъ возможно уклоненіе перпендикуляровъ въ дальнихъ концахъ, то вообще слѣдуетъ, гдѣ возможно, проводить новыя линіи, пользуясь не угловыми мѣрами, а линейными. Напр., проведя одинъ длинный перпендикуляръ (желательно черезъ весь участокъ), возставляемъ на дальнемъ концѣ его опять перпендикуляръ (онъ будетъ параллеленъ первой нашей сторонѣ) и на немъ откладываемъ тоже по 120 с. Соединяя теперь на мѣстности противоположныя точки (если возможно визировать съ конца въ конецъ), получимъ рядъ параллельныхъ линій на равныхъ разстояніяхъ. При произведенной же предварительно точной разбивкѣ на планѣ можно взять съ плана положеніе концовъ перпендикуляровъ на противоположной границѣ разбиваемой земли. Для дѣйствительнаго провѣшиванія ихъ на мѣстности пользуемся трубой теодолита. По поставленнымъ вѣшкамъ можно сейчасъ проводить борозду плугомъ. Въ случаѣ оставленія межника плугъ идетъ назадъ на требуемомъ разстояніи, напр. 0,5 с. отъ первой борозды. По проведеннымъ линіямъ намѣчаютъ точки на разстояніяхъ по 120 с. и оставляя по 0,5 с. для поперечныхъ межниковъ.

Обрѣзки участковъ по краямъ обмѣряются въ натурѣ, свѣряются съ размѣрами, намѣченными на планѣ, и въ случаѣ согласія разбивка на мѣстности закончена; остается вычислить площадь всѣхъ обрѣзковъ. Это можно сдѣлать или геометрически или же для большей точности примѣнить для вычисленія размѣровъ обрѣзковъ тригонометрію (см. объясненіе чертежа 340). Общая сумма площадей полученныхъ полныхъ и неполныхъ клѣтокъ согласуется съ площадью всей разбиваемой земли; разница (допустимая) рас-

предѣляется на неполныя клѣтки. Затѣмъ составляется чистовой планъ разбитой земли съ показаніемъ въ экспликаціи количества земли въ каждомъ участкѣ и рода ея. Въ случаѣ разбивки большихъ владѣній, пересѣченныхъ напр. долинами, ручьями, приходится разбивку на клѣтки дѣлать самостоятельно въ отдѣльныхъ частяхъ владѣнія, исходя въ каждой части отъ своей основной линіи на окружной межѣ (или внутри владѣнія).

Если разбиваемая площадь не велика и удобна для разбивки (открыта), то для ускоренія дѣла можно не производить общей съемки по окружной межѣ, а сразу на мѣстности проводить указанныя выше линіи. Тогда при вычерчиваніи плана разбивки эти линіи и явятся магистралями для съемки подробностей и для нанесенія на планъ граничныхъ линій. Такой порядокъ работы возможенъ, если для разбиваемой мѣстности имѣется вѣрный планъ съ вычисленной площадью и если сама разбивка временная, напр. для сдачи земли въ аренду или для сѣвооборота.

Возьмемъ теперь 3-й случай разбивки, когда извѣстное владѣніе должно быть раздѣлено между владѣльцами на участки вполнѣ опредѣленной площади (беремъ сперва случай, когда качество земли одинаково). Раньше разбивки нужно съ общаго согласія всѣхъ владѣльцевъ установить по документамъ или по фактическому владѣнію точную величину площади для каждого владѣльца. Затѣмъ, подобно 1-му случаю, дѣлается возможно аккуратная съемка



Чер. 340.

всей земли,—составляется планъ ея и опредѣляется площадь. Изъ этой площади вычитаются обыкновенно земли, занятыя дорогами, оврагами, рѣкой и пр. Далѣе составляется проектъ разбивки на планѣ. Для примѣра пусть

чер. 340 представляеть одну часть разбиваемой земли. Начинають съ казёной либо длинной стороны окружной межи (или проведенной дороги), напр. со стороны АВ, и имѣя въ виду наносить участки перпендикулярно къ линии АВ, отрѣзають на планѣ линіей DE, параллельной АВ, полосу ABDE такой ширины аb, какая удобна для длины участковъ, напр. 180 саж. При геометрическомъ способѣ вычисленія получимъ площадь полосы ABDE, взявъ циркулемъ длину DE по масштабу и помноживъ полусумму АВ и DE на высоту h. При работѣ же болѣе точной беремъ за исходную величину h, напр. 180 саж., и вычисляемъ тригонометрически длину DE, а также АЕ и ВD. Для этого проведемъ Ас и Вк перпендикулярно АВ, находимъ углы m и p,—именно $\angle m = \angle BAE - 90^\circ$, $\angle p = \angle ABD - 90^\circ$ (углы BAE и ABD извѣстны изъ съёмки окружной межи). Далѣе $Ac = Bk = h$; тогда $h = AE \cdot \cos m = BD \cdot \cos p$; отсюда находимъ $AE = \frac{h}{\cos m}$, $BD = \frac{h}{\cos p}$. Такимъ образомъ,

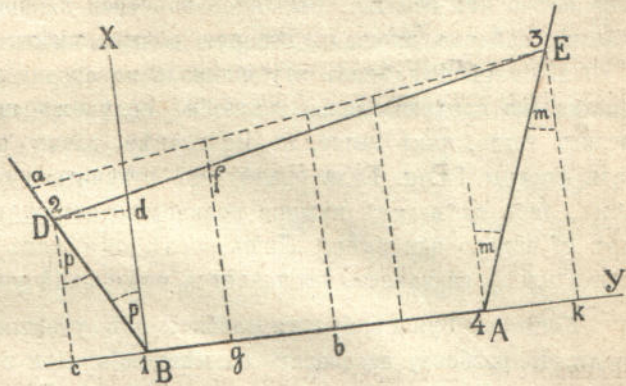
найдено точно положеніе точекъ D и E. Находимъ далѣе: $cE = AE \cdot \sin m$ и $kD = BD \cdot \sin p$. (Можно cE и kD найти иначе—по тангенсамъ угловъ m и p и величинѣ h,—именно $cE = h \cdot \operatorname{tg} m$, $kD = h \cdot \operatorname{tg} p$). Далѣе получимъ $DE = Dk + kc + cE$, гдѣ $kc = AB$. Теперь уже найдемъ точную площадь полосы ABDE, пользуясь вычисленной длиной DE. Замѣтимъ, что площадь ABDE можетъ быть еще получена прибавленіемъ къ прямоугольнику ABkc треугольниковъ AcE и BkD, площади которыхъ легко вычисляются по размѣрамъ cE, kD и h. Размѣры AE и BD понадобятся при переносѣ разбивки на мѣстность.

Когда площадь полосы ABDE установлена, соображаемъ, выйдетъ ли изъ нея нѣкоторое цѣлое число участковъ съ заданной для каждаго площадью. Если бы сумма площадей предполагаемыхъ участковъ не подходила къ площади ABDE, то линія DE переставляется параллельно самой себѣ въ ту или другую сторону, причемъ вновь вычисляется площадь полосы. Напр. если $DE = 580$ саж., и къ площади ABDE нужно прибавить 300 кв. саж., тогда раздѣливъ 300 на 580, найдемъ ширину прибавляемой полосы; $300 : 580 = 0,5$ саж. Поэтому для h беремъ 180,5 саж. и вновь вычисляемъ нужные размѣры DE, AE и BD, и для повѣрки вычисляемъ измѣненную площадь ABDE. Когда размѣры полосы ABDE окончательно установлены, беремъ величину площадей, назначенныхъ для каждаго изъ участковъ въ этой полосѣ, и соображаемъ, какова должна быть ширина участковъ по линіи АВ; для этого дѣлимъ площади ихъ на число 180,5 с., т. е. на длину участковъ. Размѣры Bg и As для крайнихъ участковъ найдемъ слѣдующимъ образомъ. Вычитаемъ площадь \triangle -ка BkD изъ данной площади участка Bkfg; получимъ площадь прямоугольника Bkfg; раздѣливъ ее на 180,5 с., получимъ величину Bg; такъ же найдемъ и As.

Когда разбивка первой полосы (на планѣ) кончена, разбиваютъ такимъ же образомъ слѣдующую полосу, отрѣзаемую линіей FG, параллельной АВ и т. д.

Сокращенный способъ вычисленія площади полосы по координатамъ при разбивкѣ на планѣ. Когда по мѣстнымъ условіямъ линію DE нельзя провести

параллельно АВ, то площадь неправильнаго четырехугольника АВДЕ (чер. 341) можно съ удобствомъ вычислить по координатамъ вершинъ. Но для этого нужно взять не тѣ оси координатъ (сѣв.-югъ, вост.-зап.), которыя служили для накладки окружной межи, а взять начало координатъ въ точкѣ В, ось У по ВА, а ось Х перпендикулярно ВА. Если считать номера точекъ отъ В къ D и далѣе, то формула для вычисления площади (удвоенной) четырехугольника (по § 141) слѣдующая:



Чер. 341.

$$2S = x_1(y_2 - y_4) + x_2(y_3 - y_1) + x_3(y_4 - y_2) + x_4(y_1 - y_3).$$

Но такъ какъ при новомъ положеніи осей имѣемъ для точки В координаты $x_1=0$, $y_1=0$ и для точки А координату $x_4=0$, то получится такая сокращенная формула:

$$2S = x_2 y_3 + x_3 (y_4 - y_2) \dots \dots \dots (I)$$

Входящія въ эту формулу координаты найдутся слѣдующимъ образомъ. Для точки D имѣемъ: $x_2 = Bd = BD \cdot \cos p$, $y_2 = -dD = -BD \cdot \sin p$; для точки E имѣемъ: $x_3 = kE = AE \cdot \cos m$, $y_3 = Bk = BA + Ak = BA + AE \cdot \sin m$; для точки А имѣемъ $x_4 = 0$, $y_4 = BA$. Такъ какъ ВА и углы p и m извѣстны изъ данныхъ съемки окружной межи, а BD и AE зависятъ отъ условій мѣстности и выбираются нами, то для вычисления площади по формулѣ I имѣются все величины. Кромѣ того по координатамъ точекъ D и E найдемъ длину DE и уголъ ея съ осью x, слѣдовательно будемъ знать углы BDE и AED.

Если бы площадь АВДЕ нужно было немного увеличить, передвигая напр. только точку D, прирѣзавъ нужное количество кв. саж., напр. 300 кв. с., въ формѣ Δ -ка EDa, то Da найдется изъ равенства $300 = \frac{1}{2} ED \cdot Da \cdot \sin \angle EDA$ (по формулѣ тригонометріи). Когда линия DE окончательно (на планѣ) установлена, то производится на планѣ разбивка отрѣзанной полосы на участки требуемой площади. Сперва отрѣзается 1-й участокъ BDfg. Осью ВХ онъ разрѣзанъ на Δ -къ и трапецію. Длина Bg должна быть выбрана такъ, чтобы площадь участка вышла требуемая. Вычисляется сперва площадь Δ -ка влѣво отъ оси Вх; Δ -къ этотъ дѣлится линіей Dd на 2 Δ -ка, размѣры которыхъ нужно вычислить тригонометрически; такъ изъ нижняго Δ -ка BDd имѣемъ $Dd = BD \cdot \sin p$; затѣмъ находимъ уголъ EDd; онъ $= \angle BDE - \angle BDd$; уголъ же $BDd = 90^\circ - p$; тогда по углу EDd

найдемъ гипотенузу верхняго малаго Δ -ка, а по гипотенузѣ и углу найдемъ второй катетъ, который покажетъ, на сколько перпендикуляръ изъ точки В длиннѣ сD. По этимъ длинамъ легко найдемъ площадь треугольника влѣво отъ оси ВХ. Вычтя ее изъ всей площади, назначенной для 1-го участка, найдемъ площадь, которую должна имѣть трапеція вправо отъ оси Х до линіи gf. Раздѣливъ эту площадь на среднюю приближительную длину участка (на среднюю линію трапеціи), получимъ ширину Bg участка. Вычисливъ тогда, какъ выше, по Bg точнѣе длину gf находимъ точно площадь фигуры BDFg. Если она будетъ отличаться отъ требуемой, то прирѣзаемъ, либо отрѣзаемъ нужное количество земли, переставляя перпендикуляръ gf вправо или влѣво. Лишь послѣ того какъ 1-ый участокъ будетъ окончательно назначенъ, назначается слѣдующій участокъ и т. д.

Когда на бумагѣ будутъ разбиты всѣ участки и проведены нужныя дороги, то разбивку переносятъ на мѣстность. При этомъ если изъ точки D видна точка E, то отложивъ съ плана длины AE и BD, провѣшиваютъ линію DE теодолитомъ; затѣмъ назначаютъ точки участковъ по линіямъ AB и ED, откладывая размѣры съ плана. Если же изъ D не видно E, то возставляютъ въ двухъ точкахъ линіи AB перпендикуляры съ плана, наприм. gf, st (чер. 340) и черезъ верхніе концы ихъ провѣшиваютъ линію ft и т. д. При откладываніи линій на мѣстности наклонной нужно откладывать больше полученнаго на планѣ горизонтальнаго проложенія, именно—слѣдуетъ прибавлять поправку отъ негоризонтальности, взятую изъ таблицы. (Замѣтимъ, что иногда на планахъ надписываютъ обѣ длины, какъ горизонтальную, такъ и наклонную по натурѣ). Получаемыя на мѣстности соединительныя линіи участковъ, а также углы ихъ должны быть измѣрены и свѣрены съ планомъ—по крайней мѣрѣ часть ихъ (напр., если идутъ подрядъ линіи равныя между собою, какъ на чер. 340—по 180,5 с., то можно промѣрить лишь нѣкоторыя изъ нихъ).

Замѣтимъ, что такъ какъ эта работа требуетъ большой точности, то выполнять разбивку на планѣ безъ примѣненія тригонометріи невозможно, —иначе разбивка при переносѣ на мѣстность не дастъ согласныхъ съ проектомъ результатовъ.

Разбитые на мѣстности участки обозначаются кольями и пр., какъ сказано и выше. Къ плану разбивки составляется экспликація.

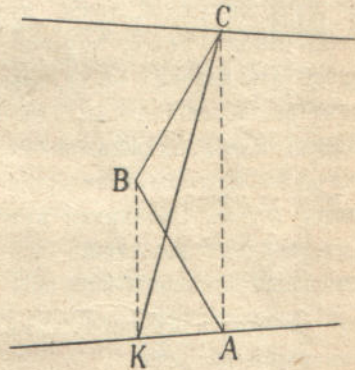
Переходя къ самому сложному 4-му случаю разбивки, когда принимаютъ во вниманіе качество земли, замѣтимъ, что сперва, какъ и выше, дѣлается съемка всей земли и составляется ея планъ, на которомъ отмѣчается земля по качеству, т. е. земля средняго качества, затѣмъ земля лучшая и земля худшая. При нарѣзкѣ участковъ (сперва на планѣ) съ каждой десятины хорошей земли скидывается нѣкоторое число квадр. сажень, напр. 200 кв. саж.; такъ, если участокъ при дѣленіи долженъ содержать 5 десятинъ, то для него выдѣляютъ 5 десятинъ средней земли, либо 5 дес. —200.5 кв. саж.—4 дес. 1400 кв. саж. хорошей земли; плохой же земли

нарѣзается больше, напр. къ каждой десятинѣ набавляется по 300 кв. саж. Замѣтимъ, что сумма всѣхъ прибавокъ къ десятинамъ должна равняться суммѣ всѣхъ скидокъ: тогда дѣленіе будетъ произведено безъ остатка. Общій порядокъ работы, т. е. нанесеніе на планъ участковъ—съ измѣненной, въ случаѣ надобности—сообразно качеству, площади и перенесеніе ихъ затѣмъ на мѣстность таковы же, какъ и въ 3-емъ случаѣ.

Что касается масштаба, въ которомъ составляются планы разбивки, то онъ зависитъ отъ величины участковъ.

При землеустройствѣ въ сельскихъ мѣстностяхъ, когда участки имѣютъ по нѣскольку десятинъ, установленъ для пахатной земли масштабъ 100 саж. въ 1-мъ дюймѣ; для ясности нѣкоторые мѣста можно отдѣльно дѣлать въ масштабѣ 50 саж. въ 1-мъ дм. При разбивкѣ же усадебныхъ мѣстъ или мелкихъ участковъ (городской земли) берется масштабъ 25 саж. или 10 саж. или даже 5 саж. въ 1-мъ дюймѣ.

Выпрямленіе границъ. Къ вопросу о разбивкѣ подходитъ задача о выпрямленіи границъ. Возьмемъ простой случай. Нужно ломанную границу ABC (чер. 342) замѣнить прямой, проходящей черезъ точку С. Тогда вспомнимъ пріемъ, примѣняемый при преобразованіи многоугольника въ равновеликій треугольникъ (§ 104). Желая уничтожить переломъ В, проведемъ $BK \parallel CA$; тогда прямая граница СК замѣнитъ ломанную ABC, такъ какъ $\triangle ABC$ равновеликъ \triangle -ку AKC. Чтобы найти точку К на мѣстности, можемъ выполнить построеніе сперва на бумагѣ и взять длину АК циркулемъ по масштабу; тогда отложивъ АК на мѣстности, проведемъ между точками К и С границу СК. Но для точной работы слѣдуетъ длину АК вычислить тригонометрически изъ \triangle -ка



Чер. 342.

ABK. Въ немъ длина АВ и $\angle BAK$ даны; далѣе узнаемъ по координатамъ точекъ А и С румбъ линіи АС, а слѣдовательно и румбъ параллельной ей линіи ВК. По румбамъ же линій АВ, ВК и АК найдемъ углы АВК и АКВ. Теперь примѣнимъ теорему тригонометріи о томъ, что стороны треугольника относятся, какъ синусы противолежащихъ угловъ, получимъ $\frac{AK}{AB}$

$\frac{\sin \angle ABK}{\sin \angle AKB}$. Отсюда найдемъ АК. (Замѣтимъ, что вычисленія съ тригонометрическими величинами можно вести, либо пользуясь таблицами такъ называемыхъ натуральныхъ синусовъ, косинусовъ, тангенсовъ, а для производства дѣйствій пользоваться арифмометромъ, или же вести вычисленія, пользуясь таблицами логарифмовъ).

Можно еще найти точку К прямо на мѣстности на основаніи слѣдую-

щихъ соображеній. Измѣривъ длину AC , опредѣляемъ площадь \triangle -ка ABC по 3-мъ сторонамъ. Раздѣливъ число, выражающее площадь, на половину основанія AC , найдемъ высоту \triangle -ка ABC , опущенную изъ точки B на AC . Затѣмъ въ какой либо точкѣ линіи AC вблизи A возставаемъ къ AC въ мѣстности перпендикуляръ, откладываемъ на немъ найденную высоту и изъ полученной точки проводимъ линію параллельную CA до встрѣчи съ AB въ искомой точкѣ K .

Если выпрямляемая граница болѣе сложная, то сперва намѣчаютъ на планѣ новую прямую границу и вычисляютъ получаемаыя при ея проведеніи площади участковъ съ той и другой стороны; затѣмъ для согласованія отрѣзаемой и прирѣзаемой площади эта линія переставляется,—если нужно. Вычисленія площадей ведутся при этомъ либо геометрически, либо при точнѣ работѣхъ съ применениемъ тригонометрѣ, какъ и раньше.

§ 143. Разысканіе по плану утеранныхъ границъ владѣній.

Когда приступаемъ къ опредѣленію границъ владѣнія по имѣющемуся плану, то должны прежде всего обратить вниманіе на то, какіе румбы надписаны на планѣ, истинные или же магнитные, и какой эпохи, и согласны ли они съ углами поворота межи на планѣ. Затѣмъ мы должны провѣрить на бумагѣ накладку окружной межи этого плана по надписаннымъ румбамъ и длинѣ линій, чтобы узнать, замыкается ли фигура при накладкѣ. Далѣе нужно опредѣлить разницу въ склоненіи магнитной стрѣлки въ настоящее время и во время составленія плана; для этого узнаемъ румбы нѣсколькихъ близъ лежащихъ и сохранившихся безспорно границъ—хотя бы въ сосѣднихъ владѣніяхъ, для которыхъ имѣются планы, снятые одновременно съ составленіемъ нашего плана. Сравнивая румбы современные съ имѣющимися на тѣхъ планахъ, найдемъ измѣненіе склоненія стрѣлки, а потому можемъ перевести румбы линій нашего владѣнія на теперешніе.

Переходя къ работѣ на мѣстности, разсмотримъ слѣдующіе случаи разысканія границъ.

1. Если по свидѣтельству разграничиваемыхъ владѣльцевъ и приглашенныхъ стариковъ имѣется хоть одна сохранившаяся межа обмѣряемаго владѣнія, то начиная отъ нея, обходимъ весь участокъ, откладывая углы поворота и длину линій съ плана и свѣряя румбы. Если на поворотахъ межи были нѣкогда заложены въ землѣ „нетлѣнные“ знаки,—уголь и пр., то мы должны на нихъ попасть.

Если бы послѣ обхода участка (по угламъ и линіямъ съ плана) оказалась невязка, т. е. мы не попали бы въ исходную точку, то невязку, если она не превосходитъ $\frac{1}{200}$ периметра, нужно уничтожить, перемѣщая точки по линіямъ параллельнымъ невязкѣ—подобно уничтоженію невязки при накладкѣ плана.

При розысканіи на мѣстности первыхъ угловыхъ точекъ (подъ которыми должны оказаться заложены нетлѣнные знаки) въ томъ случаѣ, ког-

да столбы въ этихъ точкахъ пропали, а сохранились лишь межевыя ямы по концамъ линіи, нужно помнить, что по закону ямы рылись въ разстояніи 1 саж. отъ вершины угла впередъ по ходу, такъ что яма у конца линіи лежитъ уже за поворотомъ—на слѣдующей линіи; кромѣ того, земля изъ ямы выбрасывалась по обѣ стороны линіи. Теперь межевыхъ ямъ впереди угла не дѣлаютъ, а въ вершинахъ угловъ въ вырытой для столба ямѣ, глубиною не менѣе аршина, кладутъ на $\frac{1}{4}$ арш. нетлѣнные предметы и ставятъ столбъ длиною не менѣе $2\frac{1}{2}$ арш. съ перекладиной внизу; вокругъ столба насыпается курганъ такъ, чтобы столбъ выступалъ надъ курганомъ на $\frac{1}{2}$ арш.

2. Если сохранились 2 угловые точки окружной межи, не принадлежащія одной линіи, но видимыя одна изъ другой, то опредѣляемъ сперва на планѣ румбъ и длину линіи (діагонали), соединяющей эти точки, пользуясь транспортомъ и масштабомъ, или же по координатамъ вершинъ румбъ по румбу этой линіи съ плана и румбу ея на мѣстности опредѣляемъ измѣненіе склоненія стрѣлки. Переведемъ румбы плана на нынѣшніе, вычислимъ уголь между проведенной діагональю и прилежащей стороною участка; повернувъ же на мѣстности трубу теодолита на этотъ уголь отъ указанной діагонали, найдемъ направленіе примыкающей границы участка, отъ которой возстановимъ и весь участокъ подобно 1-му случаю. Если же сохранившіяся 2 точки не видны одна изъ другой, то поступаемъ подобно слѣдующему 3-му случаю,—но для уничтоженія невязки пользуемся обѣими точками.

3. Если имѣется сохранившаяся только одна угловая точка участка, то беремъ направленіе первой линіи отъ этой точки по румбу, а направленія дальнѣйшихъ линій беремъ по угламъ поворотовъ, свѣривъ и румбы, причѣмъ откладываемъ и длину линій.

4. Если же нѣтъ ни одной надежной сохранившейся точки, то придется начать промѣръ по линіямъ другихъ близкихъ участковъ, которыхъ съемка была сдѣлана нѣкогда въ связи со съемкой нашего участка: при этомъ линіи нужно выбирать такія, чтобы онѣ привели насъ къ границамъ нашего участка, а потомъ уже обходимъ весь нашъ участокъ.

Замѣтимъ, что если бы повѣрка накладки нашего стараго плана дала очень большую невязку, свидѣтельствующую объ ошибкѣ или грубой неточности въ старой съемкѣ, то по такому плану нельзя возстановить границу: здѣсь будетъ нѣкоторый произволь при опредѣленіи границъ, именно при смыканіи фигуры. Въ такихъ случаяхъ иногда требуютъ лишь такого возстановленія границы, чтобы площадь участка вышла согласной съ надписанной на планѣ. Для этого провѣримъ площадь по фигурѣ стараго плана или по произведенной накладкѣ (уничтоживъ приблизительно невязку), и тогда увидимъ, можно ли небольшими измѣненіями линій для замыканія фигуры получить площадь, надписанную на планѣ. Сдѣлаемъ это замыканіе фигуры сперва на планѣ, а затѣмъ перенесемъ измѣненный многоугольникъ на мѣстность. При этомъ необходимо согласіе смежныхъ владѣльцевъ.

ОПЕЧАТКИ.

Стран.	Строка	Напечатано	Слѣдуетъ
26	1 снизу	AS	AG
37	10 "	147	347
52	5 "	C'OB	C'OA
63	14 "	поверхъ эккера видять	поверхъ эккера или въ предметный дюптръ за зеркаломъ ab видять
	7 "	$\angle 3 \angle 2$	$\angle 3 = \angle 2$
	6 "	уголь его въ $45^\circ \angle 3 +$ $+\angle 4$	уголь его cfd въ $45^\circ =$ $= \angle 3 + \angle 4$
	5 и 6 "	уголь его въ $45^\circ \angle 5 +$ $+\angle 4$	уголь его dfg въ $45^\circ =$ $= \angle 5 + \angle 4$
74	1 "	$\angle NAB$	$\angle NAB_1$
75	12 сверху	AB	AB ₁
100	4 снизу	S—становой винтъ	J—становой винтъ
108	12 "	2	2'
114	2 сверху	радіуса	градуса
140	5 "	недопустимая	допустимая
150	2 "	неподвижныхъ	подвижныхъ
151	11 снизу	Baf	BA ₁
201	6 сверху	p (m ₁ —m ₂)	p (m ₂ —m ₁)
225	1 "	Пропускъ, слѣдуетъ читать: "... сѣтка, то передвигаемъ окулярное колѣно, пока изображеніе предмета не будетъ возможно яснѣе; если тогда останется параллаксъ, то сѣтка не установлена точно на разстояніи наилучшаго зрѣнія, и для этой установки, а вмѣстѣ съ тѣмъ для уничтоженія..."	
237	2 сверху	раздѣленному	раздѣленной
247	10 "	лимба	вертикальнаго круга
257	1 "	...тельнымъ, а $\triangle y...$...тельнымъ; если рубль линіи Ю В: 40° , то $\triangle x$ будетъ отрицательнымъ, а $\triangle y...$

