

ПОЛНЫИ КУРСЪ

НИЗШЕЙ ГЕОДЕЗИИ

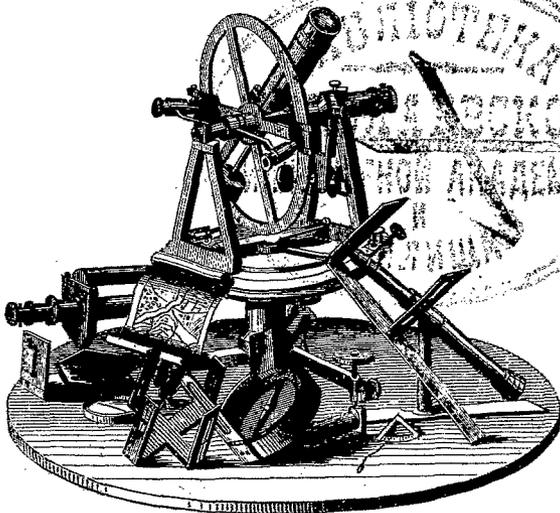
СЪ ЕЯ ПРИЛОЖЕНИЯМИ :

КЪ ВОЕННЫМЪ СЪЕМКАМЪ, СТРОИТЕЛЬНОМУ ИСКУСТВУ, МЕЖЕВАНЦЮ,
СЕЛЬСКОМУ ХОЗЯЙСТВУ И ЛѢСНОЙ СЪЕМКѢ

СОСТАВИТЬ

А. Лёве,

Инженеръ - Полковникъ.



Въ двухъ частяхъ съ 499 чертежами, помѣщенными въ текстъ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГЪ.

Ъ-ТИПОГРАФИИ Journal de Saint-Petersbourg.

1854.

ПЕЧАТАТЬ ПОЗВОЛЯЕТСЯ

съ тѣмъ, чтобы по отпечатаніи представлено было въ Ценсурный Комитетъ указанное число экземпляровъ.

С.-Петербургъ. Ноября 28-го дня 1853 года.

Ценсоръ В. Бекетовъ.

ЕГО ИМПЕРАТОРСКОМУ ВЫСОЧЕСТВУ

ГОСУДАРЮ НАСЛѢДНИКУ ЦЕСАРЕВИЧУ

ГЛАВНОМУ НАЧАЛЬНИКУ ВОЕННО-УЧЕБНЫХЪ ЗАВЕДЕНІЙ

съ глубочайшимъ благоговѣніемъ

посвящаетъ составитель.

ПРЕДИСЛОВІЕ.

Составленіе сей книги предпринято было мною съ цѣлью, облегчить изученіе низшей Геодезіи, какъ науки и какъ практическаго дѣла, людямъ, спеціально занимающимся съемками: военными, инженерными, хозяйственными, и межеваніемъ.

Первая часть книги заключаетъ въ себѣ положеніе науки, изложенное по новѣйшимъ, лучшимъ иностраннымъ сочиненіямъ по этому предмету. Во второй части, практической, въ изложеніи я придерживался къ курсамъ, преподаваемымъ въ нашихъ спеціальныхъ учебныхъ заведеніяхъ; отдѣлъ о межеваніи составленъ на основаніи отечественныхъ межевыхъ законовъ.

Этотъ курсъ можетъ служить также пособіемъ при преподаваніи Геометріи и Тригонометріи, какъ собраніе многихъ практическихъ задачъ.

При описаніи теодолита и нивеллира, я не входилъ въ большія подробности, потому-что инструменты эти устроиваются весьма различно.

Долгомъ считаю изъявить искреннюю признательность Профессору С.-Петербургскаго Университета Статскому Совѣтнику Алексѣю Николаевичу Савичу и Начальнику Геодезическаго Отдѣленія Военно-Топографическаго Депо Подполковнику Федору Осиповичу Максимову за ихъ совѣты и наставленія при разсмотрѣніи моей рукописи.

А. Лѣве.

С.-Петербургъ. Октября 3-го дня 1853 года.

§ 27. <i>Замѣненіе съѣтки подвижными волосками</i>	19
§ 28. <i>О визированіи</i>	20
§ 29. <i>Объ измѣреніи лній</i>	21
§ 30. <i>Мѣрная цѣпь. Повѣрка ея</i>	22
§ 31. <i>Измѣреніе лній цѣпью</i>	23
§ 32. <i>Правила, соблюдаемыя при измѣреніи цѣпью</i>	24
§ 33. <i>Измѣреніе наклонныхъ лній</i>	25
§ 34. <i>Ошибки, встрѣчающіяся при измѣреніи лній</i>	27
§ 35. <i>Уровень съ отвѣсомъ или ватерпасъ</i>	28
§ 36. <i>Ватерпасъ, приспособленный къ измѣренію угловъ наклоненія</i>	30
§ 37. <i>Уровень съ воздушнымъ пузырькомъ</i>	31
§ 38. <i>Положеніе воздушнаго пузырька</i>	32
§ 39. <i>Повѣрка уровня</i>	33
§ 40. <i>Повѣрка уровня, лежащаго на цилиндрической поверхности</i>	34
§ 41. <i>Опредѣленіе угла наклоненія оси уровня</i>	—
§ 42. <i>Опредѣленіе радіуса внутренней кривизны трубки уровня</i>	35
§ 43. <i>Приведеніе плоскости въ горизонтальное положеніе</i>	36
§ 44. <i>О становомъ винтѣ</i>	37
§ 45. <i>О штативахъ</i>	—
§ 46. <i>Мюнхенскій штативъ</i>	38
§ 47. <i>Крестообразный экеръ. Цилиндрическій экеръ</i>	39
§ 48. <i>Точайшаго устройства экеръ</i>	40
§ 49. <i>Зеркальный экеръ</i>	42
§ 50. <i>Вѣшеніе перпендикулярныхъ лній</i>	—
§ 51. <i>Вѣшеніе параллельныхъ лній</i>	43
§ 52. <i>Посредственное отысканіе длины лній</i>	44
§ 53. <i>О масштабѣ</i>	47
§ 54. <i>О поперечномъ масштабѣ</i>	49

ОТДѢЛЪ III.

Измѣреніе угловъ на мѣстности.

§ 55. <i>Понятія объ угломерныхъ инструментахъ</i>	52
§ 56. <i>О пряжилинейномъ верньерѣ</i>	53
§ 57. <i>Построеніе верньеромъ въ угломерныхъ инструментахъ</i>	56
§ 58. <i>Измѣреніе угловъ</i>	57
§ 59. <i>Повѣрка инструментовъ, дающихъ величины угловъ въ градусахъ</i>	—
§ 60. <i>Построеніе угловъ на бумагѣ. О транспортирѣ</i>	59
§ 61. <i>Построеніе угловъ посредствомъ ихъ тангенсовъ. Таблица тангенсовъ</i>	60
§ 62. <i>Описаніе устройства астролябіи</i>	63
§ 63. <i>Устройство и повѣрка теодолита</i>	65
§ 64. <i>Измѣреніе угловъ теодолитомъ</i>	67
§ 65. <i>Измѣреніе угловъ посредствомъ повтореній</i>	69
§ 66. <i>Измѣреніе угловъ вертикальнымъ кругомъ теодолита</i>	70
§ 67. <i>О высотомѣрахъ</i>	71

§ 68. Обь отражательныхъ инструментахъ	74
§ 69. Линейка Нетто	75
§ 70. О секстантъ	76
§ 71. Рефлекторъ или полукругъ Дугласа	77
§ 72. Катоптрическийъ циркуль Гешеля	78
§ 73. О буссоляхъ	79
§ 74. Отражательная буссоль Шмалькальдера	80
§ 75. Буссоль Бюрньера	—
§ 76. Измѣреніе угловъ	—
§ 77. Обь инструментахъ, опредѣляющихъ углы графически	82
§ 78. Мюнхенская мензула	83
§ 79. Мензула Генералъ-Маіора Стефана	84
§ 80. Обь алидадѣ	85
§ 81. О кипрегелѣ	87
§ 82. Повѣрка кипрегеля	88
§ 83. О дальномѣрѣ	90
§ 84. Опредѣленіе посредствомъ дальномѣра горизонтальныхъ проекцій наклонныхъ линій	91
§ 85. Опредѣленіе на мензулѣ горизонтальныхъ проекцій угловъ	93
§ 86. Ориентированіе мензулы посредствомъ ориентиръ-буссоли	94
§ 87. Ориентированіе мензулы по данной линіи	95
§ 88. Ошибки, встрѣчаемыя при употребленіи мензулы	96

ОТДѢЛЪ IV.

Употребленіе угломерныхъ инструментовъ.

§ 89. Употребленіе эккера. При точкахъ данныхъ линій построить углы въ 45°, 30°, 60°. При данной точкѣ построить уголъ, равный данному на мѣстности	99
Уголъ, данный на мѣстности, раздѣлить на двѣ равныя части. Снять ломанную линію, данную на мѣстности	100
Снять сомкнутую фигуру. Съемка малыхъ участковъ	101
§ 90. Употребленіе астролябін. Три случая отысканія точки по тремъ опредѣленнымъ на планѣ точкамъ	103
На данной прямой построить правильный многоугольникъ данного числа сторонъ. Найти разстояніе двухъ непреступныхъ точекъ. Провѣщить прямую, продолженіе которой дѣлило-бы непреступный уголъ на двѣ равныя части	104
§ 91. Употребленіе вертикальныхъ круговъ теодолита и кипрегеля. Опредѣлить высоту приступнаго предмета	105
Опредѣленіе высоты непреступныхъ предметовъ	106
§ 92. Употребленіе отражательныхъ инструментовъ. Опредѣленіе ширины рѣки. По извѣстной прямой опредѣлить положеніе двухъ точекъ	107
§ 93. Употребленіе буссоли. Опредѣленіе точки посредствомъ азѣчекъ	108
Вѣщеніе параллельныхъ линій	109

	Рѣшеніе перпендикулярныхъ линій	110
§ 94.	Нанесеніе на планъ ломанной линіи	—
	Съемка контуровъ. Съемка малыхъ участковъ	112
§ 95.	Употребленіе мензулы. Опредѣленіе положенія точекъ, данныхъ на мѣстности	113
	Опредѣленіе на бумагѣ положенія точекъ посредствомъ зафигуръ впередъ	114
§ 96.	Опредѣленіе на бумагѣ положенія точекъ посредствомъ обратной зафигуръ	—
§ 97.	Опредѣленіе на бумагѣ положенія точки по тремъ нанесеннымъ точкамъ	116
§ 98.	Рѣшеніе этой задачи посредствомъ восковой бумаги и смарагда, изобрѣтеннаго Генералъ-Маіоромъ Болотовымъ	119
§ 99.	Отысканіе длины линіи, данной на мѣстности	120
§ 100.	Найти точку на продолженіи данной линіи. Изъ непріступной точки опустить перпендикуляръ на приступную линію. Изъ приступной точки опустить перпендикуляръ на непріступную линію	121
	Черезъ данную точку провести прямую, параллельную къ непріступной линіи	122
§ 101.	Опредѣлять положеніе точки по двумъ нанесеннымъ точкамъ, которыя на мѣстности непріступны	—
	По извѣстной длинѣ непріступной линіи, которая на бумагѣ нанесена, опредѣлять положеніе точки	124
§ 102.	Четыре способа нанесенія на бумагу данной ломанной линіи	—
§ 103.	Съемка рѣкъ, дорогъ и проч. Съемка сомкнутыхъ фигуръ	127
§ 104.	Исправленія несмыслаемости фигуръ	129
	Нанесеніе частей мѣстности, не помѣстившихся на планѣ	131

ОТДѢЛЪ V.

О съемкѣ участковъ вообще.

§ 105.	О необходимости составленія сѣти. Главныя точки	133
§ 106.	Выборъ главныхъ точекъ и базы. Геометрическая сѣть. Нанесеніе базы	134
	Опредѣленіе главныхъ точекъ	136
§ 107.	Составленіе сѣти, когда изображеніе мѣстности не помѣщается на одномъ листѣ	—
§ 108.	Исправленіе ошибокъ, происходящихъ отъ перенесенія точекъ сѣти на мензульные листы	140
§ 109.	О необходимости составленія тригонометрической сѣти для съемки обширнаго участка	143
§ 110.	Главныя точки должны представлять вершины равносторонныхъ треугольниковъ	144
§ 111.	Зависимость данныхъ сторонъ треугольниковъ сѣти отъ степени точности угломернаго инструмента и отъ масштаба съемки	145
§ 112.	Выборъ главныхъ точекъ сѣти	146
§ 113.	Измѣреніе угловъ и базы. Вліяніе ошибки базы	147
§ 114.	Измѣреніе угловъ вѣдъ центра стоянія	148
§ 115.	Повѣрка измѣренныхъ угловъ	149
§ 116.	Вычисленіе треугольниковъ сѣти	150

§ 117. Опредѣленіе полуденной линіи	151
Опредѣленіе склопенія магнитной стрѣлки	153
§ 118. Опредѣленіе полуденной линіи по извѣстному склопенію стрѣлки. Ориен- тированіе мензулы по истинному меридіану	153
§ 119. Вычисленіе азимутовъ сторонъ треугольниковъ	154
§ 120. Вычисленіе координатъ главныхъ точекъ сѣти	—
§ 121. Прокладка точекъ тригонометрической сѣти на мензульные листы	155
§ 122. Нанесеніе проекцій сторонъ тригонометрической сѣти на мензульные листы	157
§ 123. Повѣрка нанесенныхъ точекъ тригонометрической сѣти	158
§ 124. Перерисовка плановъ: а) посредствомъ координатъ	159
б) посредствомъ пропорціональнаго циркуля	160
§ 125. Теорія, устройство и употребленіе пантографа	161
О миланскомъ пантографѣ	163
О микрографѣ	164

ОТДѢЛЪ VI.

Нивеллированіе или нивеллировка.

§ 126. Цѣль нивеллированія. Разность уровней	163
§ 127. О нивеллирныхъ инструментахъ вообще	—
§ 128. Повѣрка оси уровня	166
Повѣрка сѣтки и оптической оси трубы	167
§ 129. Чувствительность уровня	168
§ 130. Различное положеніе уровня въ нивеллирныхъ инструментахъ. Приведеніе оптической оси въ совиѣщеніе съ геометрической осью зрительной трубы	169
§ 131. Приведеніе геометрической оси въ параллельное положеніе къ оси уровня	170
§ 132. Водяной уровень	172
Нивелляръ съ діоптрами	173
§ 133. О рейкахъ	—
§ 134. Простое нивеллированіе изъ конца станціи	174
Нивеллировка изъ середины станціи. Отсчитываніе высоты рейки	175
§ 135. Опредѣленіе вліянія сферическаго вида земли при нивеллированіи изъ конца станціи	176
§ 136. О рефракціи	178
§ 137. Вліяніе рефракціи на опредѣленіе разности уровней	—
§ 138. О неизбѣжной погрѣшности. Погрѣшность, происшедшая отъ наклонна- го положенія рейки	179
§ 139. Микрометрическій винтъ нивеллира Штампфера	—
Нивеллированіе по способу Штампфера	180
§ 140. Сложное нивеллированіе	182
§ 141. Нивеллированіе посредствомъ ватерпаса	184
Опредѣленіе горизонтальнаго направленія	185
§ 142. Составленіе профилей. Опредѣленіе отмѣтокъ	—
§ 143. Составленіе профилей по линіи, проnivelлированной ватерпасомъ	187
Предѣлы погрѣшностей, допускаемые при нивеллированіи	188

СОДЕРЖАНІЕ ВТОРОЙ ЧАСТИ.

О ПРИЛОЖЕНІЯХЪ НИЗШЕЙ ГЕОДЕЗИИ.

ОТДѢЛЪ I.

Военная Топографія.

	стр.
§ 144. Цѣль военныхъ обзоровъ. О военныхъ планахъ	189
§ 145. Составленіе топографической записки	190
§ 146. Военная съемка, производимая въ мирное время	192
§ 147. Съемка городовъ и селеній	194
§ 148. Нанесеніе горъ	—
О горизонталяхъ и о линіи наибольшаго паденія	195
§ 149. О методѣ Лемана	197
Недостатки метода Лемана	198
Вычерчиваніе ситуаци	200
§ 150. Проведеніе горизонталей съ помощію масштаба для горизонталей	201
Практическій способъ опредѣленія горизонталей на мѣстности	202
Употребленіе линейки съ выступами для проведенія горизонталей на бумагѣ	203
§ 151. О лошинахъ	204
§ 152. Обыкновенный способъ черченія ситуаци	206
§ 153. О военно-глазоуѣрной съемкѣ. Отличіе ея отъ инструментальной	207
§ 154. Измѣреніе разстояній шагами, временемъ и глазоуѣромъ	209
§ 155. Съемка позицій	211
§ 156. Ориентированіе по тѣни	214
§ 157. Съемка маршрутовъ	215

ОТДѢЛЪ II.

Приложеніе низшей Геодезіи къ строительному искусству.

§ 158. О приложеніи дѣйствій высшей Геодезіи къ строительному искусству	218
§ 159. Съемка мѣстности	219
§ 160. Нивелировка по оси проекта	220
Поперечное нивелированіе	221
§ 161. Составленіе профилей	222
§ 162. Опредѣленіе паденія рѣки	223
Опредѣленіе неровности дна озера или пруда. Осушеніе и наводненіе	224
§ 163. Планировка	225
§ 164. О возведеніи плотинъ	226
§ 165. О дорогахъ и путяхъ сообщенія	227
§ 166. Выборъ направленія желѣзныхъ дорогъ. Паденіе дороги. Планы, составляемые при построеніи желѣзной дороги	228

§ 167. Начертание осей проекта на земль	229
§ 168. Замянение части прямолинейной оси, криволинейною	230
а) Опредяление круга по координатамъ его точекъ	231
б) Посредствомъ угломерныхъ инструментовъ	232
в) Способъ Мея	233
§ 169. Задачи, встречаемыя при начертаніи на земль осей желззныхъ дорогъ	235
§ 170. Вычисленіе кубическаго содержанія насыпей и вымоковъ	237
§ 171. Лучшій способъ вычисленія кубическаго содержанія земли	240
§ 172. Опредяление неровностей посредствомъ горизонтальныхъ сйченій	241
§ 173. Инженерная съемка	245
§ 174. О буссоли Клера	247

ОТДѢЛЪ III.

Межеваніе.

§ 175. Цяль межеванія	249
§ 176. О межевыхъ знакахъ	—
§ 177. О пригготовительныхъ работахъ землебра	250
§ 178. О полевомъ журналѣ	251
§ 179. Употребленіе астролябической буссоли	252
§ 180. Измѣреніе астролябическихъ угловъ и нанесеніе ихъ на бумагу	—
§ 181. Повѣрка астролябическихъ угловъ	254
§ 182. Правила, соблюдаемыя при межеваніи	255
§ 183. Производство межевой съемки	256
§ 184. Составленіе межеваго плана	257
§ 185. Правила, которыми должно руководствоваться при составленіи межеваго плана	258
§ 186. Устраненіе ошибокъ, встречающихся при составленіи межевыхъ плановъ	259
§ 187. Возобновленіе истребившихся межевыхъ знаковъ	260
§ 188. Опредяление азимута одной изъ сторонъ контура	262
§ 189. Вычисленіе азимутовъ прочихъ сторонъ контура	263
§ 190. Вычисленіе румбическихъ угловъ по извѣстнымъ азимутамъ данныхъ линій	—
§ 191. Вычисленіе площадей	264
§ 192. Вычисленіе площадей четырехугольниковъ	265
§ 193. Вычисленіе площади многоугольника	266
§ 194. Вычисленіе площадей криволинейныхъ фигуръ	268
§ 195. Вычисленіе поверхностнаго содержанія дачи	269
§ 196. О размежевкѣ. 1) Отъ параллелограмма отрѣзать другой параллелограмъ, площадь котораго извѣстна. 2) Черезъ точку, данную на сторонѣ угла, провести прямую такъ, чтобы образовался треугольникъ извѣстной площади. 3) Отъ трапеціи, площадь которой извѣстна, отрѣзать часть такъ, чтобы линія раздѣла пересѣкла параллельныя стороны	272
§ 197. 4) Отъ треугольника отрѣзать часть такъ, чтобы линія раздѣла была параллельна къ одной изъ сторонъ	—
5) Отъ трапеціи, части которой извѣстны, отрѣзать другую трапецію	274
§ 198. Графическое рѣшеніе предвѣдущаго вопроса	277
6) Фигуру раздѣлить на данное число частей прямыми параллельными между собою	278
§ 199. 7) Отъ поля отрѣзать часть вдоль по его длинѣ	279

8)	Неправильную фигуру раздѣлить на данное число равныхъ или нерав- ныхъ частей, такъ, чтобы они были по возможности подобны между со- бою.	9)	Раздѣлить данную фигуру на нѣсколько равныхъ или неравныхъ частей, такъ, чтобы прямыя раздѣла проходили чрезъ точку, внутри фигуры лежащую	280
10)	Размежевать участокъ такъ, чтобы прямыя раздѣла пересѣкли берега озера, находящагося внутри дачи			281
§ 200.	11)	Замѣнить криволинейную межу, прямолинейною		282
	12)	Данную фигуру, площадь которой известна, раздѣлить на три части, и чтобы прямыя раздѣла пересѣкли одну изъ сторонъ		283
§ 201.	13)	Участокъ, имѣющій посюду одинакое качество земли, принадлежитъ тремъ владѣльцамъ. Требуется раздѣлить весь участокъ такъ, чтобы части, принадлежащія каждому владѣльцу, составили одну фигуру		284
	14)	Чрезъ пашни, принадлежащія тремъ крестьянамъ, провести дорогу		285
§ 202.	Размежеваніе дачъ различнаго качества земли			—
§ 203.	Данный участокъ, состоящій изъ трехъ частей различнаго качества, раз- дѣлить на три части, пропорціональныя даннымъ числамъ			287

ОТДѢЛЪ IV.

Приложеніе низшей Геодезіи къ сельскому хозяйству.

§ 204.	О хозяйственныхъ планахъ	290
§ 205.	Производство хозяйственной съемки	291
§ 206.	Нарѣзка десятинь	—
§ 207.	Простѣйшій способъ производства хозяйственной съемки	294
§ 208.	Съемка контура, внутренность котораго недоступна	295
§ 209.	Нанесеніе контура на бумагу	296
§ 210.	Вычисленіе поверхностнаго содержанія фигуры, данной на мѣстности	297
§ 211.	Вычисленіе площади фигуры, внутренность когорой недоступна	299
§ 212.	Величина площади не зависитъ отъ длины периметра	—
§ 213.	Данный на землѣ участокъ раздѣлить на нѣсколько равныхъ частей	300
§ 214.	Неправильную фигуру раздѣлить на три части прямыми параллельными къ ея сторонамъ. Отъ участка, ограниченнаго кривыми линіями, отрѣзать известную часть	302
§ 215.	Нанесеніе подробностей на составленный межевой планъ	304

ОТДѢЛЪ V.

Лѣсная съемка.

§ 216.	Цѣль лѣсной съемки	306
§ 217.	Инструменты, употребляемые для лѣсной съемки	307
§ 218.	Раздѣленіе лѣсной дачи на кварталы	—
§ 219.	Проложеніе просѣкъ на мѣстности	310
§ 220.	Производство лѣсной съемки	313
§ 221.	Различнаго рода лѣсные планы	314
§ 222.	Отысканіе на мѣстности навесенныхъ на бумагу точекъ и ливій	315
§ 223.	Расположеніе древесной посадки	316

ОБЪ ОСНОВНЫХЪ ДѢЙСТВІЯХЪ

НИЗШЕЙ ГЕОДЕЗИИ.

ЧАСТЬ I.

ЧАСТЬ I.

ОБЪ ОСНОВНЫХЪ ДѢЙСТВІЯХЪ НИЗШЕЙ ГЕОДЕЗИИ.

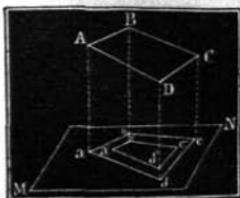
ОТДѢЛЪ I.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЯ ПОНЯТІЯ.

§ 1. Прямые линіи, по направленію которыхъ слѣдуютъ свободно падающія тѣла, называются *отвѣсными* или *вертикальными*; плоскость, проходящая чрезъ эти линіи, получаетъ названіе *вертикальной* или *отвѣсной* плоскости. Плоскость, перпендикулярная къ плоскости вертикальной, называется *горизонтальною*; такъ на примѣръ поверхность стоячей воды составляетъ горизонтальную плоскость. Линіи, проведенныя на горизонтальной плоскости, называются *горизонтальными*. Горизонтальныя плоскости, проведенныя чрезъ точки одной и той-же вертикальной линіи, параллельны между собою. Всякая плоскость, неперпендикулярная къ вертикальной, какъ на примѣръ скать горы, есть *наклонная*.

§ 2. Если A, B, C, D (фиг. 1) представляютъ точки земной поверхности, лежащія не въ одной плоскости, то подошвы a, b, c, d перпендикуляровъ $Aa, Bb, Cc \dots$, опущенныхъ на горизонтальную плоскость MN , называются *горизонтальными проекціями* точекъ $A, B, C \dots$. Проведя прямыя $ab, bc, cd \dots$, получимъ на горизонтальной плоскости MN , проекціи линіи $AB, BC, CD \dots$, умственно проведенныхъ чрезъ точки $A, B, C \dots$ земной поверхности.

фиг. 1.



Принимая плоскость MN за листъ бумаги и означая на немъ точки a, b, c, d , получимъ фигуру $abcd$, представляющую изображеніе фигуры ABCD; но очевидно, что нѣтъ никакой возможности составить на бумагѣ фигуру изъ линій, равныхъ горизонтальнымъ проеціямъ $ab, bc, cd \dots$; для полученія требуемаго изображенія, должно на бумагѣ построить фигуру $a'b'c'd'$, подобную $abcd$, т. е. нанести линіи $a'b', b'c' \dots$, составляющія съ соответствующими имъ линіями $ab, bc \dots$ равныя отношенія $\frac{ab}{a'b'} = \frac{bc}{b'c'} = \frac{cd}{c'd'}$ и углы $a'b'c', b'c'd', a'd'c' \dots$, равныя угламъ $abc, bcd, adc \dots$

За плоскость проецій избирается горизонтальная плоскость, потому-что положеніе сей послѣдней удобнѣе себѣ представить и легче опредѣлить, нежели какой-нибудь наклонной плоскости.

§ 3. Изображеніе мѣстности, т. е. какой-нибудь части земной поверхности съ находящимися на ней предметами, на горизонтальной плоскости, называется *планомъ*; при этомъ мѣстность представляется такъ, какъ она показалась-бы глазу, находящемуся надъ нею на весьма большомъ разстояніи. Дѣйствіе, посредствомъ котораго опредѣляются величина и видъ мѣстности, называется *съежкой*. Наука, въ которой разсматриваются правила производства съежекъ для составленія плановъ, называется *низшею Геодезіею* (*) или *Топографіею*. Изъ предъ-

(*) Поверхность земли имѣетъ видъ, мало отличающійся отъ поверхности шара; слѣдовательно разстоянія между точками земной поверхности въ строгомъ смыслѣ не могутъ быть принимаемы за прямыя линіи. Не смотря на это, принято проектировать на горизонтальную плоскость фигуры мѣстности, снимаемой способами низшей Геодезіи. Маловажное вліяніе сферическаго вида земли на точность топографическихъ работъ доказывается слѣдующимъ образомъ: пусть A и B суть двѣ точки земной

верхности, дуга AFB разстояніе между ними, C и D проеція точекъ A и B на горизонтальной плоскости, AO = BO радиусъ земли и центральный уголъ AOB равенъ одному градусу. Извѣстно, что $CF - AF < CF - AE$ или $CF - AF < \tan 30' - \sin 30'$. Означая $\tan 30'$ чрезъ x и $\sin 30'$ чрезъ y и отыскивая логарифмы тангенса и синуса, получимъ $\log x = 7,9408384$ и $\log y = 7,9403419$. При радиусѣ, равномъ 10^{10} получимъ соответствующія числа $x = 87268630$ и $y = 87263360$; при радиусѣ, равномъ единицѣ $x = 0,008726862$ и $y = 0,008726336$ и при земномъ радиусѣ, равномъ 5982,6 верстамъ или 2991300 саженьямъ имѣемъ $x = 26104,66$ саж. и $y = 26103,68$ саж.; слѣдовательно $x - y = \tan 30' - \sin 30' = 0,98$ саж. и $CF - AF < 0,98$ саж.; а потому $CD - AFB < 1,96$ саж. Эта разность 1,96 саж. столь мала, что ею можно пренебрегать. Основываясь на этомъ принимаютъ дугу AFB, сливающуюся съ касательною CFD. Отсюда выводится слѣдующее: если наибольшее



идушаго слѣдуетъ, что Топографія имѣетъ предметомъ: 1) опредѣленія длины линій, проектированныхъ на горизонтальную плоскость и величины угловъ, составляемыхъ этими проекціями; 2) составленія на бумагѣ изображенія фигуръ, данныхъ на землѣ. Прямолинейныя фигуры могутъ быть опредѣлены по извѣстнымъ ихъ сторонамъ и діагоналямъ, или по даннымъ угламъ и одной сторонѣ. Послѣдній способъ предпочитается, потому-что въ большей части случаевъ опредѣленіе угловъ легче, нежели измѣреніе линій.

§ 4. Сообразно цѣли, съ которою съемка производится, планы бываютъ:

1) *военно-топографическіе*, на которыхъ выражаютъ видъ мѣстности относительно удобности производить военныя дѣйствія. На этихъ планахъ должно изображать дороги, рѣки, ручьи, мосты, рвы, каналы и неровности, т. е. горы, долины, овраги, лощины и т. п.;

2) *гидротехническіе*, на которыхъ изображаютъ берега, глубину, быстроту теченія и паденіе рѣкъ;

3) *хозяйственныя*, на которыхъ выражаютъ величину, видъ и почву отдѣльныхъ дачъ. На подробныхъ хозяйственныхъ планахъ изображаются всѣ предметы важные въ хозяйственномъ отношеніи, какъ то луга, пашни, лѣса и т. д.;

4) *лѣсныя*, по которымъ опредѣляютъ количество земли, покрываемое лѣсомъ; также означаютъ на нихъ различную породу деревьевъ;

5) *топографическіе*, на которыхъ означаютъ относительное положеніе замѣчательныхъ селеній съ окружающими предметами. При составленіи подобныхъ плановъ должно обращать вниманіе на дороги и другіе пути сообщенія;

6) *городскіе*, на которыхъ означаютъ улицы, кварталы, замѣчательныя строенія, каналы и т. п.

§ 5. Вообще всѣ работы, производимыя при составленіи плановъ,

разстояніе между точками снимаемой мѣстности не превышаетъ дугу въ одинъ градусъ или заключаетъ не болѣе $\frac{2 \pi R}{360^\circ} = \frac{22.5982,6}{7.180} = 104,5$ верстъ, то изображеніе составляется по правиламъ высшей Геодезіи. Если-же разстояніе болѣе 104 верстъ, то необходимо принимать точки снимаемой мѣстности проектированными на сферическую поверхность. Опредѣленіе точекъ мѣстности, принимаемой за часть сферической поверхности, составляетъ предметъ *высшей Геодезіи*. Изображеніе, составленное способами высшей Геодезіи, называется *картою*. Высшую Геодезію называютъ по большей части *Геодезію*.

состоять: 1) въ опредѣленіи искомыхъ величинъ, т. е. въ измѣреніи угловъ и линій и 2) въ начертаніи опредѣленныхъ угловъ и линій на бумагѣ. Перваго рода работы производятся въ полѣ съ помощію снарядовъ, которыми: а) измѣряются линіи, и б) опредѣляются углы. Для начертанія на бумагѣ фигуръ, подобныхъ даннымъ на землѣ употребляются инструменты: а) для нанесенія линій, и б) для построенія угловъ.

§ 6. Снаряды или инструменты, употребляемые при съемкѣ должны быть устроены такъ, чтобы они удовлетворяли условіямъ ихъ назначенія; они должны въ наименьшей степени подвергаться вліянію погоды и при легкости переноски быть прочны. Обязанность механика состоятъ въ устройствѣ инструментовъ, имѣющихъ упомянутыя качества; съемщикъ—же долженъ знать въ какой степени употребляемые имъ снаряды выполняютъ требуемыя условія. Для этого онъ долженъ знать назначеніе и устройство инструмента; кромѣ умѣнія отыскивать погрѣшности инструмента, онъ также долженъ найти средство для устраненія ихъ. Назначеніе и устройство узнаются внимательнымъ изслѣдованіемъ составныхъ частей. Повѣрку должно производить до начатія всякой работы, потому-что инструментъ всегда подвергается порчѣ отъ неосторожности при переноскѣ или употребленія. Всякій инструментъ устроивается такимъ образомъ, что вмѣстѣ съ повѣркою возможно уничтожить встрѣчаемыя погрѣшности. Кромѣ того съемщикъ долженъ знать степень точности инструмента, т. е. величину ошибки, постоянно повторяющейся при употребленіи того-же инструмента и происходящей отъ-того, что человѣческому глазу представляются предметы точными до извѣстнаго только предѣла, такъ, что при всемъ вниманіи съемщика и при употребленіи точнѣйшихъ инструментовъ всегда получаютъ различные результаты, производя одну и ту-же работу нѣсколько разъ. Средняя арифметическая величина всѣхъ этихъ результатовъ называется *среднею погрѣшностью*, которая съемщику должна быть извѣстна, для того, чтобы ему возможно было опредѣлить предѣлъ точности произведенной работы.

§ 7. Во многихъ инструментахъ, нѣкоторыя части ихъ получаютъ свободное движеніе; отъ съемщика зависитъ, должно-ли движеніе производиться скоро, медленно или вовсе прекращаться. Если какая-нибудь часть инструмента приводится въ движеніе рукою, то оно на-

зывается *грубымъ*; но если движеніе производится посредствомъ особо-устроеннаго механизма, то оно называется *микрометреннымъ* или *микрометрическимъ*. Для удержанія движущейся части инструмента въ требуемомъ положеніи служатъ *винты, скобы и клещи*.

§ 8. Винтъ состоитъ изъ стержня съ винтовыми наръзками, шляпки и гнѣзда. Положимъ, что К (фиг. 3) представляетъ шляпку,

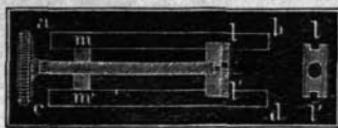
фиг. 3



а глазъ наблюдателя находится въ точкѣ В; при вращеніи шляпки двумя пальцами отъ *a* къ точкѣ *c*, говорятъ: винтъ *закрѣпленъ*; при вращеніи шляпки отъ *a* къ точкѣ В винтъ *ослабленъ*. Вообще вращеніемъ шляпки вправо винтъ *закрѣпляется*, а при вращеніи влѣво онъ *ослабляется*.

Положимъ, что *ab* и *cd* (фиг. 4) представляютъ двѣ параллельныя планочки, къ которымъ прикрѣпленъ брусокъ *mm'*; въ этомъ

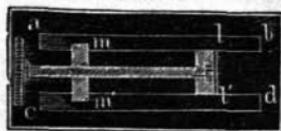
фиг. 4.



брускѣ оставлено гнѣздо съ винтовыми наръзками, въ которое входитъ стержень винта; конецъ винта прикрѣпленъ къ подвижному бруску *ll'*; тогда при закрѣпленіи винта, брусокъ *ll'* будетъ приближаться къ концамъ *b* и *d*, а при ослабленіи къ бруску *mm'*.

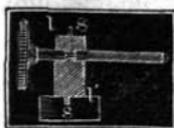
Пусть брусокъ *ll'* прикрѣпленъ къ планочкамъ *ab* и *cd*, (фиг. 5) но *mm'* свободно двигается; тогда при закрѣпленіи винта, брусокъ *mm'* будетъ приближаться къ концамъ *a* и *c*, а при ослабленіи къ бруску *ll'*.

фиг. 5.



Гнѣздо, находящееся въ неподвижномъ брускѣ, называется *постояннымъ*, а находящееся въ подвижномъ брускѣ — *подвижнымъ*. Для удержанія стержня винта въ известномъ положеніи и чтобы при обращеніи дать ему одно и то-же направленіе, помѣщаютъ винтъ въ цилиндрическомъ отверстіи, (фиг. 6) которое и называется гнѣздомъ.

фиг. 6.



Если часть *ll'* можетъ вращаться на вертикальныхъ штифтикахъ *S* и *S'*, то стержень измѣняетъ свое положеніе и ось его описываетъ цилиндръ. Если планочки *ac* и *bc* (фиг. 7) вращаются около оси *c* и въ *bc* находится гнѣздо, то при ослабленіи винта, планочка *bc* будетъ удаляться отъ *ac*, но при этомъ точка *t* описываетъ дугу

фиг. 7.



и слѣдовательно въ гнѣздѣ *t* происходитъ напряженіе винта. Для уничтоженія этого напряженія дѣлаютъ гнѣздо *л* вращающимся около

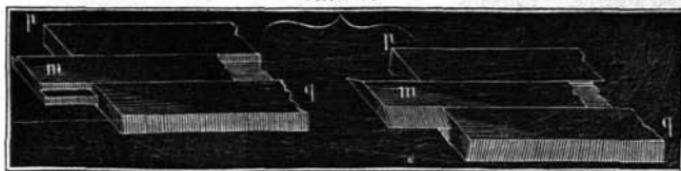
оси, перпендикулярной къ плоскости *abc*. Чтобы винтами возможно было производить движеніе скоро и точно, то необходимо, чтобы наръзки были сдѣланы сколь можно правильнѣе; этимъ только достигается правильный ходъ винта.

§ 9. Если при обращеніи винта какая-нибудь точка *a* шляпки (фиг. 3) проходить по окружности *n* разъ и подвижный брусокъ *ll'* (фиг. 4) подвигается на α дюймовъ, то говорятъ: что *n* оборотовъ или ходовъ винта соотвѣтствуютъ α дюймамъ, а слѣдовательно одинъ ходъ равенъ $\frac{\alpha}{n}$ дюймамъ, т. е. при каждомъ обращеніи шляпки подвиж-

ный брусокъ перемѣщается на $\frac{\alpha}{n}$ дюймовъ. Если на окружности шляпки означены дѣленія, то посредствомъ стрѣлки, прикрѣпленной къ центру ея возможно опредѣлить число оборотовъ и частей оборота винта. Положивъ на примѣръ, что 40 оборотовъ винта соотвѣтствуютъ одному дюйму, получимъ 0,025 дюйма для одного хода; если на шляпкѣ означены 100 дѣленій, то при обращеніи винта на одно дѣленіе опредѣлится 0,01 хода или 0,00025 дюйма. При обращеніи винта, соединяющаго двѣ планки (фиг. 7), вращающіяся на оси, каждый ходъ винта, или его часть опредѣляетъ на сколько измѣнилась хорда угла *acb*. Винты, производящіе точнѣйшія движенія, и опредѣляющіе величину сихъ движеній, имѣютъ весьма тонкія наръзки; эти винты называются *микрометрическими*.

§ 10. Для приведенія рукою какой-нибудь части инструмента въ движеніе, устраиваютъ ее такъ, чтобы она не измѣнила направленіе дви-

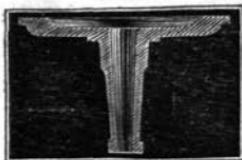
фиг. 8.



женія. Фиг. 8 изображаетъ устройство подвижной части *m* и неподвижной *pq*, въ

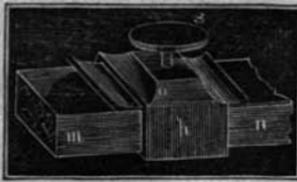
пазахъ которой производится движеніе. Для образованія круговаго движенія просвѣрливаютъ въ постоянной части инструмента коническое отверстіе; въ этомъ отверстіи вращается коническая ось подвижной части (фиг. 9).

фиг. 9.

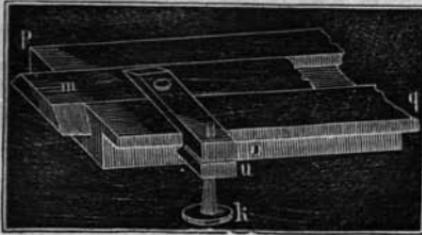


Для прекращенія грубаго движенія употребляютъ винты, называемые *нажимательными* или *закрѣпительными*. Для объясненія ихъ дѣйствія представимъ себѣ на брусь *mn* двигающійся параллелоипедъ *h* съ внутренней

Фиг. 10.



Фиг. 11.



Фиг. 12.



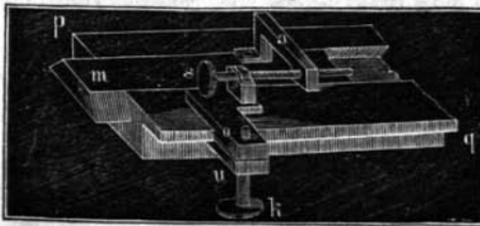
пустотою; (Фиг. 10) въ отверстіи верхней его грани сдѣланы винтовья наръзки. При закрѣпленіи винта *S*, конецъ его придавливаетъ брусь *m* къ нижней грани параллелоипеда и этимъ прекращаетъ движеніе его по брусу *nt*.

Движеніе можетъ быть прекращено еще слѣдующимъ образомъ: къ подвижной части *m* (Фиг. 11) прикрѣпляется планка, которая винтомъ *k* соединена съ другой короткой планкою *u*. При ослабленіи винта *k* (Фиг. 12), планка *u* удаляется отъ *o* и часть

m (Ф. 11) вмѣстѣ съ планками получаетъ свободное движеніе; при закрѣпленіи *k*, планка *u* приближается къ *o* и обѣ обхватываютъ выступъ постоянной части *pq* (Фиг. 11); этимъ прекращается движеніе части *m* и планокъ.

§ 11. Для объясненія микрометричнаго движенія, представимъ себѣ двѣ планки (Фиг. 13) *o* и *u*, обхватывающія выступъ бруса *pq*;

Фиг. 13.

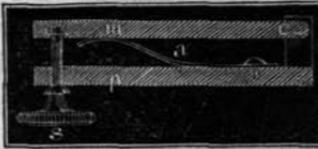


планка *o* не прикрѣпляется къ части *m*, но соединена съ рукавомъ *a* посредствомъ винта *S*. При закрѣпленіи нажимательнаго винта *k*, грубое движеніе части *m* прекращается, но обра-

щеніемъ винта *S* сообщается рукаву и вмѣстѣ съ тѣмъ подвижной части *m* медленное или микрометрическое движеніе.

§ 12. Механизмъ, производящій микрометрическое движеніе, долженъ быть столь точенъ, чтобы малѣйшее движеніе винта сообщалось подвижной части инструмента. Если-же это условіе не выполняется, то говорятъ: микрометрическое движеніе имѣетъ мертвый ходъ, который иногда производитъ важныя ошибки. При частомъ употребленіи инструмента случается, что части его подвергаются порчѣ и измѣняются; этимъ образуется мертвый ходъ, который можетъ быть уничтоженъ иначе, какъ замѣненіемъ испорченныхъ частей новыми. Въ инструментахъ новѣйшаго устройства устраненъ мертвый ходъ

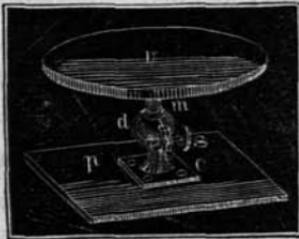
фиг. 14.



винтовъ слѣдующимъ образомъ: пружиною *a* (фиг. 14) приводится часть *m*, вращающаяся на оси *C*, въ постоянное напряженіе, чрезъ что наръзки винта *S* должны прижиматься къ гнѣзду, находящемуся въ части *p*; слѣдовательно винтъ всегда касается къ своему гнѣзду и малѣйшее движеніе его сообщается подвижной части *m*.

§ 13. Чтобы возможно было сообщить какой-нибудь части инструмента движеніе, происходящее не въ одной, но въ разныхъ плоскостяхъ, поступаютъ слѣдующимъ образомъ:

фиг. 15.



къ постоянной части *p* (фиг. 15) инструмента прикрѣпленъ выступъ, оканчивающійся шарообразной пустотою *d*; въ эту пустоту вкладываютъ шаръ, называемый *яблокомъ* и прикрѣпляемый къ цилиндру *m*, который привинчивается къ подвижной части *v* инструмента.

Въ верхней части шарообразной пустоты оставляется круглое отверстіе, для того, чтобы возможно было трубку *m* и вмѣстѣ съ тѣмъ плоскость *v* наклонять произвольно. Винтомъ *S* придавливается шарообразная пустота къ яблоку и слѣдовательно прекращается его вращеніе.

ОТДѢЛЪ II.

ИЗМѢРЕНІЕ ЛИНІИ НА МѢСТНОСТИ.

§ 14. Чтобы измѣрить на мѣстности какую-нибудь линію, должно напередъ означить ея направленіе; для этого достаточно найти двѣ ея точки, которыя должно означать на мѣстности такимъ образомъ, чтобы они были видимы изъ-дали. Для этого употребляются *колья* и *вѣли*. Коломъ называется шесть, длиною до 1 сажени, имѣющей снизу желѣзныи коническій наконечникъ. Вѣха есть жердь, длиною болѣе 1 сажени, съ навязаннымъ сверху пучкомъ соломы или кускомъ холста.

Поставивъ два кола А и В и проведя умственно вертикальную плоскость, касательную къ ихъ поверхностямъ, получимъ на горизонтальной плоскости прямую пересеченія обѣихъ плоскостей; полученная прямая опредѣляетъ на горизонтальной плоскости направленіе линіи, означенной на мѣстности кольями А и В. Если разстояніе между А и В значительно, то для точнѣйшаго опредѣленія направленія линіи должно найти еще промежуточныя точки. Для этого между кольями А и В ставятъ другіе С, D, E такимъ образомъ, чтобы вертикальная плоскость касалась ко всѣмъ кольямъ А, В, С. . . . Для болѣе точности должно втыкать колья въ землю въ отвѣсномъ положеніи. Самое дѣйствіе производится въ полѣ слѣдующимъ образомъ: отступая на нѣсколько шаговъ за колъ А, даютъ глазу такое положеніе, чтобы колъ А казался покрывающимъ колъ В. Въ то-же время помощникъ съемщика ставитъ колъ С между А и В, а съемщикъ передвигаетъ помощника вправо или влево до тѣхъ поръ, пока лучъ зрѣнія не будетъ касаться и къ поверхности кола С. Такимъ-же образомъ ставятъ колья D, E Опредѣленіе на мѣстности направленія линіи называется *вѣшеніемъ*.

§ 15. Если на мѣстности требуется найти продолженіе линіи, означенной кольями А и В, то должно выбрать такую точку С, изъ которой колъ В казался бы покрывающимъ колъ А. Воткнувъ въ этой точкѣ С колъ въ землю, повѣряють его положеніе.

Весьма часто случается, что ибгъ возможности направлять лучи зрѣнія изъ-за точекъ А или В, т. е. когда А и В представляютъ какіе-нибудь мѣстные предметы или когда между А и В находится какое-нибудь препятствіе, на примѣръ кустарникъ, лѣсъ, строеніе и т. п. При вѣшеніи линіи въ этомъ случаѣ часто примѣняется слѣдующая аксіома: если три точки А, В, С (фиг. 16) лежатъ на одной прямой,

фиг. 16.



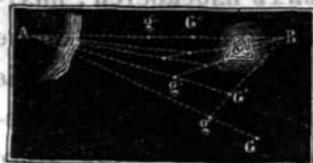
фиг. 17.



также точки В, С, D и наконецъ точки С, D, E, то всѣ они находятся на прямой АЕ; и обратно: три точки А, В, С прямой xu составляютъ одну прямую АС (фиг. 17).

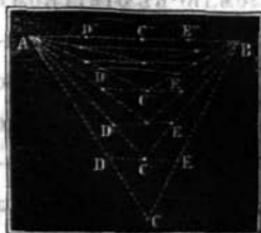
Пусть точки А и В неприступны и требуется найти промежуточные точки линіи АВ (фиг. 18). Тогда первый помощникъ ставитъ колъ въ точкѣ G, а второй въ точкѣ g на линіи AG. Потомъ второй переводитъ перваго изъ G въ точку G' , находящуюся на линіи gB ; послѣ этого первый переводитъ втораго изъ g въ точку g' , находящуюся на AG' и т. д.; это дѣйствіе продолжаютъ до тѣхъ поръ, пока смотрѣвъ изъ G'' на А, колъ g'' кажется покрывающимъ А, и смотрѣвъ изъ g'' на В, колъ G'' кажется покрывающимъ В. Должно замѣтить, что точки g, g', \dots избираются такія, изъ которыхъ была-бы видна точка В, а изъ точекъ G, G', \dots должно усмотрѣть точку А^(*).

фиг. 18.



Если между точками А и В находится гора (фиг. 19), препятствующая изъ одной видѣть другую, то избирають такую точку С, изъ которой были-бы видны точки А и В; на линіяхъ АС и ВС ставятъ колья D и E. Если три точки D, С, E находятся на одной прямой, то они должны лежать на линіи АВ по вышеупомянутой аксіомѣ; въ противномъ случаѣ переводятъ колъ С въ точку C' . Потомъ переставляютъ колья D и E въ точкахъ D' и E' , находящихся на ли-

фиг. 19.

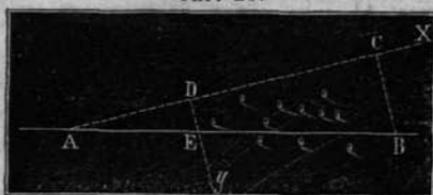


(*) При производствѣ самаго вѣшенія становится въ точкахъ g и G помощники съемщика, переходяшіе послѣдовательно въ точки g', G' и g'', G'' .

ніяхъ AC' и BC' и т. д.; это дѣйствіе продолжаютъ до тѣхъ поръ, пока точки C''', D''', A и C''', E''', B и D''', C''', E''' въ одно время находятся на прямыхъ лиціяхъ. Если точки D и E избраны такимъ образомъ, что отношеніе CE къ CB равно отношенію CD къ CA, то линіи CC' и CC''' должны находиться въ томъ-же самомъ отношеніи: а потому возможно съ приближенною точностію опредѣлить точку C'''.

§ 16. Если между точками A и B нельзя избрать третью точку, изъ которой были-бы видны данныя, то провѣшиваютъ чрезъ A произвольную линію AX (фиг. 20).

фиг. 20.

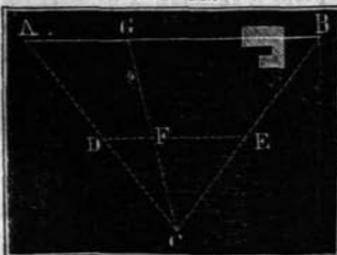


ры BC и DE, получимъ пропорцію $AD:DE=AC:BC$; опредѣливъ линіи AD, AC и BC, выводимъ изъ пропорціи длину DE, которую откладываемъ отъ D до E; такимъ образомъ опредѣлится промежуточная точка E линіи AB.

Этотъ способъ примѣняется въ томъ случаѣ, когда между точками A и B требуется провести дорогу по прямому направленію чрезъ лѣсъ. Очевидно, что линія AX должна находиться на открытомъ мѣстѣ; впрочемъ стараются избѣгать этой продолжительной работы, а чаще означаютъ направленіе AB, навязывая пучекъ соломъ къ дереву, находящемуся въ B или означая точку B высокою вѣхою.

Если изъ точки A нельзя видѣть B (фиг. 21), но изъ C видны точки A и B и если возможно опредѣлить длины AC и BC, то ставятъ колъ въ серединѣ D линіи AC и колъ E въ серединѣ BC; тогда получится линія DE, параллельная къ AB.

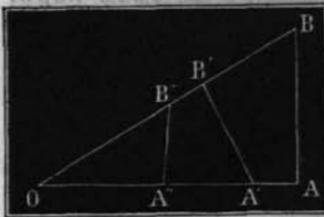
фиг. 21.



Взявъ на линіи DE точку F и поставивъ на продолженіи CF колъ G въ разстояніи FG, равномъ CF, получимъ точку G линіи AB.

§ 17. При означеніи на мѣстности линій значительной длины, работа весьма утомительна и вообще неточна; въ особенности когда разстояніе между крайними точками линіи столь большое, что изъ одной неясно видна другая. Для точнѣшаго вѣщенія линій и вообще для опредѣленія ихъ направленія безъ помощи большаго числа колевъ употребляются снаряды особаго устройства. Чтобы лучше ознакомиться съ этими снарядами, должно вывести начала, на которыхъ основывается ихъ устройство, повѣрка и употребленіе. Положимъ, что прямая AB (фиг. 22) представляеть

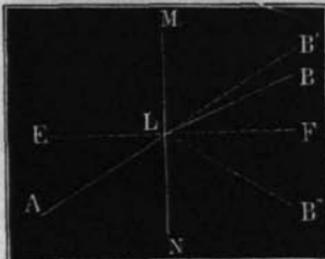
фиг. 22.



какой-нибудь предмет и O глаз наблюдателя; прямая OB и OA образуют угол AOB, называемый *углом зрѣнія*. Очевидно, что предмет представится глазу тѣмъ большимъ, чѣмъ болѣе уголъ зрѣнія. Если уголъ зрѣнія постепенно уменьшается, то онъ можетъ сдѣлаться столь малымъ, что глазу предметъ не представится.

Принимаютъ, что лучи, исходящіе отъ свѣтящаго или освѣщеннаго предмета, слѣдуютъ прямолинейному пути; но лучи свѣта сохраняютъ прямолинейное направление только тогда, когда они находятся въ прозрачной средѣ одинаковаго свойства; если-же лучи изъ одной среды переходятъ въ другую, то они измѣняютъ свое прямое направление; это измѣненіе направленія луча называется *преломленіемъ*.

фиг. 23.

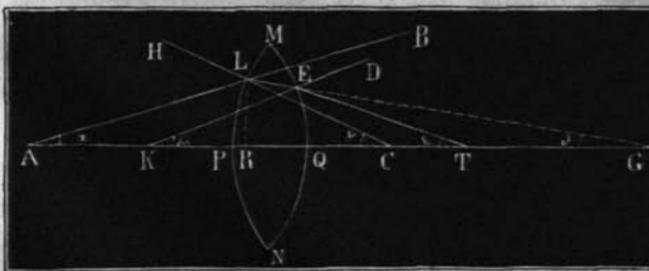


Положимъ, что MN (фиг. 23) плоскость стекла, AL лучъ свѣта, переходящій при точкѣ L изъ воздуха въ стекло. За точкою L лучъ не будетъ слѣдовать по продолженію прямой AL, но приметъ направленіе LB. Возставивъ изъ точки L перпендикуляръ LF къ плоскости MN, получимъ уголъ ALE паденія и уголъ FLB преломленія. При преломленіи лучей должно замѣтить слѣдующее: 1) перпендикуляръ EL, лучъ AL паденія и лучъ LB преломленія находится въ одной плоскости; 2) для одной и той-же преломляющей среды синусъ угла паденія нахо-

дится въ постоянномъ отношеніи съ синусомъ угла преломленія; такъ на примѣръ если α уголъ паденія, β уголъ преломленія, то $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = m$, гдѣ постоянное отношеніе m называется *показателемъ преломленія*.

§ 18. Если свѣтъ проходить чрезъ прозрачную среду, ограниченную кривыми поверхностями, то отклоненіе его бываетъ весьма различно, смотря по кривизнѣ поверхностей. Въ практикѣ употребляютъ только шарообразныя кривизны, потому-что только они могутъ быть съ надлежащею точностію отшлифованы; они имѣютъ шесть различныхъ видовъ, называемыхъ *сферическими стеклами*. Два шаровые сегмента,

фиг. 24.



описываемые изъ центровъ K и C (фиг. 24), составляютъ двояко-выпуклое стекло MPNQ; прямая KC, соединяющая центры сегментовъ, называется *осью стекла*. Положимъ, что изъ точки A, находящейся на оси, падаетъ лучъ AL на стекло; лучъ AP, совмѣщающійся съ осью стекла, пройдетъ чрезъ стекло, не преломляясь. Падаящій лучъ AL, составляющій съ перпендикуляромъ CN, т. е. съ продолженнымъ радіусомъ CL, уголъ ALN, равный углу BLC, преломляется въ точкѣ L такъ, что уголъ CLG преломленія менѣе угла BLC паденія. Если-бы лучъ LE слѣдовалъ по прямому пути, то онъ встрѣтилъ-бы ось въ точкѣ G; но по выходѣ изъ стекла

описываемые изъ центровъ K и C (фиг. 24), составляютъ двояко-выпуклое стекло MPNQ; прямая KC, соединяющая центры сегментовъ, называется *осью стекла*. Положимъ, что изъ точки A, находящейся на оси, падаетъ лучъ AL на стекло;

опъ снова преломляется такъ, что уголъ DET преломленія будетъ болѣе угла DEG паденія. Въ точкѣ Т пересѣченія луча съ осью стекла сойдутся всѣ лучи, исходящія изъ точки А. Означивъ уголъ LAC чрезъ α , уголъ EKC чрезъ β , уголъ LCK

чрезъ γ , уголъ ETK чрезъ ϵ и уголъ EGK чрезъ ϑ , получимъ $\frac{\sin ALH}{\sin GLC} = m$ и

$\frac{\sin DEG}{\sin DET} = \frac{1}{m}$. Предположивъ, что лучъ лежитъ близко къ оси стекла, т. е. при-

нмъ лучъ AL за *центральный*, получимъ всѣ углы паденія и преломленія весьма малыми и слѣдовательно отношеніе ихъ синусовъ можно принять равнымъ отношенію самихъ угловъ, т. е. $ALH = m \cdot GLC$ и $m \cdot DEG = DET$; но $ALH = \alpha + \gamma$, $GLC = \gamma - \vartheta$, $DEG = \beta + \vartheta$ и $DET = \beta + \epsilon$; слѣдовательно получимъ $\alpha + \gamma = m(\gamma - \vartheta)$ и $\beta + \epsilon = m(\beta + \vartheta)$; сложивъ оба уравненія, получимъ

$$\alpha + \gamma + \beta + \epsilon = m\gamma + m\beta \text{ или } \alpha + \epsilon = (m - 1)(\gamma + \beta).$$

Такъ какъ углы весьма малы, то ихъ можно замѣнить тангенсами; тогда будетъ

$$tg \alpha + tg \epsilon = (m - 1)(tg \gamma + tg \beta).$$

Предположивъ, что толщина стекла весьма мала въ сравненіи съ радиусами сегментовъ и означивъ разстояніе AP точки А отъ стекла или отъ средины его (въ слѣдствіе незначительной его толщины) чрезъ d , радиусъ CP чрезъ r , радиусъ KQ чрезъ

r' и разстояніе точки Т отъ стекла чрезъ f , получимъ $tga = \frac{LR}{d}$, $tg\epsilon = \frac{LR}{f}$, $tg\beta = \frac{LR}{r'}$

и $tg\gamma = \frac{LR}{r}$. Подставивъ эти величины въ последнее уравненіе и сокративъ на LR,

получимъ $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = (m-1)\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r'}\right)$ (1). И такъ если будутъ извѣстны

радиусы сегментовъ, показатель преломленія и разстояніе d , то возможно опредѣлить разстояніе f , потому-что для всѣхъ лучей величины d , m , r , r' уравненія (1) остаются тѣже. Точка Т называется *фокусомъ*.

Если падающіе лучи параллельны между собою, то это значить, что А находится въ безконечно большомъ разстояніи отъ стекла, или что d безконечно велико;

тогда $\frac{1}{d} = 0$ и формула (1) обратится въ: $\frac{1}{f} = (m-1)\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r'}\right)$ (2). Въ

этомъ случаѣ разстояніе f называется *главнымъ фокуснымъ разстояніемъ*, которое

для отличія означимъ чрезъ F. Подставивъ въ уравненіе (1) $\frac{1}{F}$ вмѣсто второй части,

получимъ $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$; слѣдовательно $f = \frac{d \cdot F}{d - F}$ (3). Если поверхности сте-

кла вогнуты (фиг. 26), то должно принять радиусы r и r' за отрицательныя величины, потому что они лежатъ на сторонахъ противоположныхъ радиусамъ стекла

MN (фиг. 24). Тогда вмѣсто формулы (1) получимъ

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = - (m-1)\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r'}\right)$$

и для главного фокуснаго разстоянія будетъ

$$\frac{1}{F} = - (m-1)\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r'}\right).$$

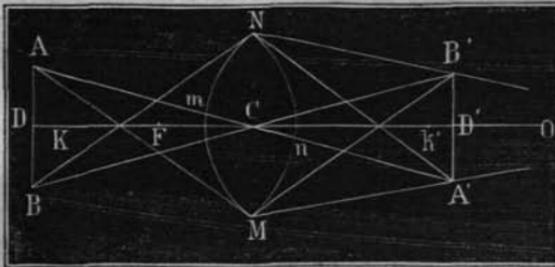
Величина $(m-1)$ всегда положительная и потому F всегда будетъ отрицательная;

слѣдовательно $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = - \frac{1}{F}$ и $f = - \frac{d \cdot F}{d + F}$. Такъ какъ въ формулѣ (3) вели-

чина f была положительная, когда она находилась вправо, то она будет отрицательной, когда будет лежать влево. И такъ точка соединенія направленія лучей послѣ преломленія въ двояко вогнутыхъ стеклахъ всегда будетъ лежать въ сторонѣ падающихъ лучей, т. е. послѣ преломленія лучи будутъ *расходиться*.

§ 19. Чтобы объяснить происхожденіе изображеній, производимыхъ двояко-выпуклымъ стекломъ, представимъ себѣ стекло MN (фиг. 25), котораго главное фокусное разстояніе ($К = СК'$). Положимъ, что предметъ АВ, находящійся предъ стекломъ, столь малъ, что лучи, падающіе на стекло изъ А и В не далеко уклоняются отъ

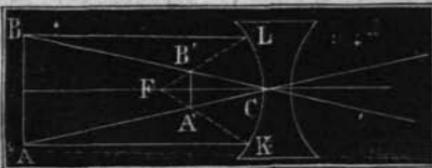
фиг. 25.



оси. Если чрезъ центр С стекла проходить лучъ изъ А, то малая часть стекла въ точкахъ m и n можно принимать за параллельныя, а потому этотъ лучъ, и также лучъ, совмѣщающійся съ осью стекла, пройдутъ чрезъ стекло, не преломляясь. Такъ какъ предметъ АВ отстоитъ отъ стекла далѣе, нежели на двойное фокусное разстояніе СК, то лучи, исходящія изъ точки, находящейся на оси, соединятся между F' и K'; лучи, исходящія изъ другихъ точекъ также соединятся въ равномъ разстояніи отъ стекла, т. е. лучи изъ точекъ, лежащихъ между А и В, будутъ соединяться между А' и В'; слѣдоват. А'В' представитъ изображеніе предмета въ обратномъ положеніи. Величину изображенія А'В' въ отношеніи къ самому предмету легко опредѣлить изъ пропорціи, выведенной изъ подобныхъ треугольниковъ ВСА и В'С'А', именно $AB : A'B' = CD : CD' = d : f$. Отношеніе $\frac{A'B'}{AB} = Q$ называется *увеличеніемъ* изображенія; оно равно $\frac{f}{d}$; но $f = \frac{d \cdot F}{d - F}$, слѣдовательно $Q = \frac{F}{d - F}$.

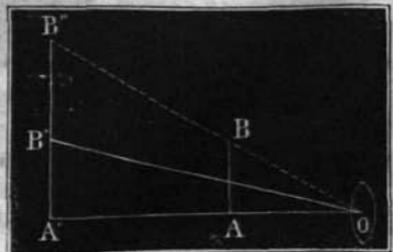
§ 20. Пусть АВ (ф. 26) предметъ и MN вогнутое стекло; лучъ АС пойдетъ далѣе, не преломляясь, но параллельный лучъ АК отклонится, какъ будто-бы онъ выходилъ изъ точки F; слѣдовательно оба луча пересѣкутся въ точкѣ А'; также лучи, исходящія изъ В будутъ казаться исходящими изъ В'. слѣдовательно А'В' будетъ уменьшенное изображеніе предмета АВ, находящееся въ прямомъ положеніи. Здѣсь величина F отрицательная и потому $Q = -\frac{F}{d + F}$.

фиг. 26.



§ 21. Предметъ, приближаясь все болѣе и болѣе къ глазу и переди предѣлъ яснаго зрѣнія, наконецъ сдѣлается неяснымъ. Для нормальнаго зрѣнія этотъ предѣлъ бываетъ 9 дюймовъ. Если глазъ будетъ находиться въ точкѣ О (фиг. 27) далѣе 9 дюймовъ отъ А'В', то ему ясно представится изображеніе А'В'.

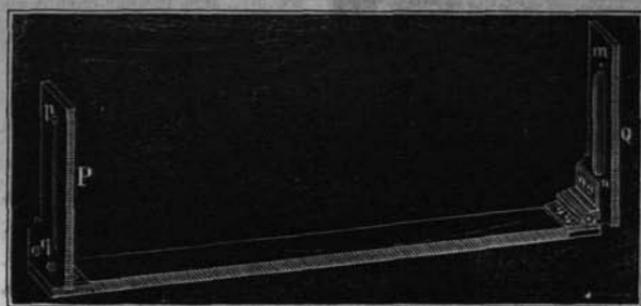
фиг. 27.



Простой микроскопъ или *луна* есть выпуклое стекло съ короткимъ, фокуснымъ разстояніемъ,

употребляемое для увеличенія близкихъ предметовъ. Для опредѣленія увеличенія лупы, представимъ себѣ въ ея фокусѣ предметъ АВ (фиг. 27); тогда онъ представится подъ угломъ АОВ; если теперь смотрѣть на тотъ-же предметъ безъ помощи лупы, то должно АВ переѣхать въ А'В', т. е. на разстояніе яснаго зрѣнія; тогда уголъ зрѣнія уменьшится и обратится въ А'ОВ'. Если себѣ представимъ въ точкѣ А' предметъ, видимый глазу подъ угломъ зрѣнія, равнымъ АВО, то, сравнивъ АВ=А'В' съ А'В'', получимъ увеличеніе лупы; но А'В'' во столько разъ болѣе АВ, во сколько ОА' болѣе ОА; слѣдовательно раздѣливъ разстояніе яснаго зрѣнія на фокусное разстояніе стекла, получимъ увеличеніе стекла. При фокусномъ разстояніи ОА = $\frac{1}{2}$ дюйма получимъ $Q = 9: \frac{1}{2} = 18$.

§ 22. Направленіе линій можно опредѣлять на мѣстности посредствомъ *діоптровъ*. Такъ называются двѣ дощечки Р и Q (ф. 28), прикрѣпленные въ перпендикулярномъ положеніи къ линейкѣ. Въ одномъ діоптрѣ сдѣланъ продолговатый прорѣзъ, въ которомъ натягивается волосокъ *mn*; въ другомъ оставлена скважина *pq*.



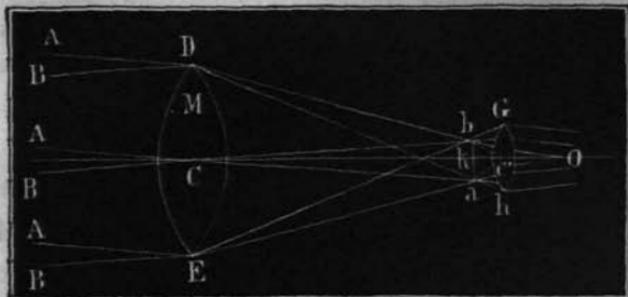
Вмѣсто этой скважины вырѣзывается иногда нѣсколько круглыхъ отверстій, лежащихъ въ одной плоскости съ волоскомъ *mn*. Діоптръ, вмѣщающій въ себѣ волосокъ, называется *предметнымъ*; діоптръ съ скважиною или съ круглыми отверстіями — *глазнымъ*.

Употребленіе діоптровъ весьма просто: поставивъ линейку такъ, чтобы глазоу діоптръ находился надъ однимъ концемъ А данной линіи, направляютъ лучъ зрѣнія чрезъ отверстіе или скважину, и передвигая линейку, приводятъ волосокъ *mn* въ совмѣщеніе съ другимъ концемъ В. Для опредѣленія промежуточной точки, помощникъ ставитъ колъ С такъ, чтобы С находился въ вертикальной плоскости, проходящей чрезъ волосокъ и скважину, т. е. чтобы волосокъ *mn* казался покрывающимъ колъ С, а сей послѣдній — колъ В. Посредствомъ діоптровъ возможно съ точностію провѣшивать линіи незначительной длины. Предѣлъ точности опредѣляется слѣдующимъ образомъ: на какомъ-нибудь видимомъ предметѣ проводятъ двѣ вертикальныя тонкія черты въ разстояніи двухъ дюймовъ одну отъ другой. Отойдя съ діоптрами постепенно далѣе отъ предмета, замѣчаемъ, что черты все

болѣе и болѣе сближаются; наконецъ они будутъ казаться совмѣщающимися въ одну, т. е. волосокъ діоптра покроетъ обѣ черты. Расстояніе предмета до діоптра опредѣляетъ наибольшую длину, при которой ошибка провѣшиванія не болѣе 2 дюймовъ.

§ 23. При провѣшиваніи длинныхъ линій, діоптры не употребляются; точнѣйшее дѣйствіе производится посредствомъ *зрительной трубы*. Она дѣлается изъ металлическаго цилиндра, въ которомъ вдѣлываются два стекла: *предметное* DE, посредствомъ котораго въ разстояніи главнаго фокуса образуется изображеніе *ba* отдаленнаго предмета, отъ верхней точки котораго падаютъ на стекло параллельные лучи AD, AC, AE (ф. 29) и отъ нижней параллельные лучи BD, BC, BE. Изъ точекъ *a* и *b* лучи снова расходятся и падаютъ на второе стекло GH, называемое *глазнымъ*; оно отстоитъ отъ изображенія *ab* на главное свое фокусное

фиг. 29.



расстояніе $KC' = f$. Лучи, выходящіе изъ *a*, по преломленіи въ стеклѣ GH, пойдутъ параллельно лучу *aC'*, проходящему чрезъ центръ *C'*, также лучи, выходящіе изъ *b*, по преломленіи будутъ параллельны лучу *bC'*; тогда глазъ, помѣщенный въ точкѣ O, увидитъ предметъ AB въ обратномъ положеніи. Чтобы зрительная труба могла быть употреблена при различныхъ разстояніяхъ предметовъ и при неодинаковой способности зрѣнія наблюдателей, дѣлаютъ цилиндръ изъ двухъ колѣнъ: *наружнаго*, въ которомъ находится предметное стекло, и *внутренняго* съ глазнымъ стекломъ,двигающагося въ первомъ. Такъ какъ изображенія близкихъ предметовъ отстоятъ отъ предметнаго стекла на большемъ разстояніи, то должно выдвигать глазное стекло, ибо эти изображенія болѣе приближаются къ главному стеклу.

Круговое пространство, видимое въ трубѣ, называется *полемъ* трубы; чѣмъ діаметръ его болѣе, тѣмъ большая часть предмета представится глазу. Зрительныя трубы, въ которыхъ предметы показываются въ обратномъ видѣ называются *астрономическими*. Эти трубы, по легкости своей, употребляются преимущественно при топографическихъ работахъ. Если должно опредѣлить увеличеніе зрительной трубы, то должно сравнить уголъ, подъ которымъ виденъ предметъ посредствомъ зрительной трубы, съ угломъ зрѣнія, подъ которымъ виденъ тотъ-же предметъ невооруженнымъ глазомъ. Въмѣсто перваго угла можно взять уголъ $aC'b$ и $\angle ACB$ вмѣсто втораго, но $\angle ACB = \angle aC'b$; слѣдовательно для опредѣленія увеличенія должно только узнать во сколько разъ уголъ $aC'b$ болѣе угла aCb ; это увеличеніе равно

$Q = \frac{aC'b}{aCb}$; такъ какъ эти углы малы, то можно ихъ замѣнить тангенсами, т. е.

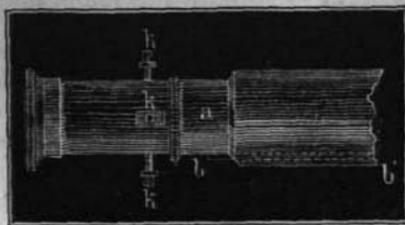
$tg aC'b = \frac{ab}{f}$ и $tg aCb = \frac{ab}{F}$; слѣдовательно $Q = \frac{F}{f}$, т. е. *увеличеніе равно отношенію фокусныхъ разстояній предметнаго и глазнаго стекла.*

§ 24. Чтобы возможно было съ точностью наводить трубу на

одну точку предмета, помещаютъ въ фокусѣ глазнаго стекла такъ называемую *сѣтку*. Она состоитъ изъ двухъ пересѣкающихся, взаимно перпендикулярныхъ нитей или волосковъ, прикрѣпленныхъ своими концами къ кольцу; точка пересѣченія нитей должна находиться на оси трубы. Прямая, проходящая чрезъ эту точку и оптический центръ предметнаго стекла, называется *оптической осью* зрительной трубы. При употребленіи трубы должно измѣнять ея положеніе до тѣхъ поръ, пока нити или точка ихъ пересѣченія кажутся совмѣщающимися съ какою-нибудь линіею или точкою изображенія предмета; тогда говорятъ: труба наведена на линію или точку мѣстности. Сѣтка можетъ состоять изъ двухъ или трехъ нитей; нити дѣлаются изъ тонкой металлической проволоки или изъ паутины.

§ 25. Чтобы сѣтка представлялась великому глазу съ одинаковой

фиг. 30.

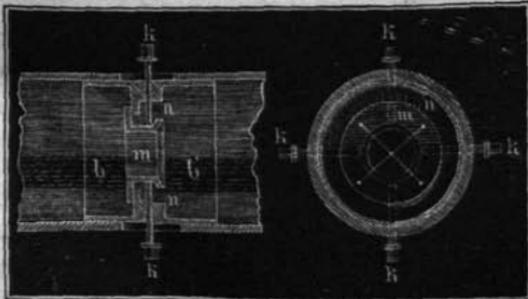


ясностью, дѣлаютъ кольцо, къ которому нити прикрѣплены, подвижнымъ. Для этого оставляютъ во внутреннемъ колѣнѣ продолговатые вырѣзы, въ которыхъ двигаются винтики (фиг. 30), прикрѣпленные къ кольцу сѣтки; движениемъ винтиковъ къ въ прорѣзахъ воз-

можно приводить сѣтку относительно глазнаго стекла, въ требуемое

положеніе. Этими винтиками можно по произволу поднимать, опускать и передвигать сѣтку вправо или влево, для приведенія точки пересѣченія нитей въ совмѣщеніе съ центромъ поля зрѣнія. Фигура

фиг. 31.



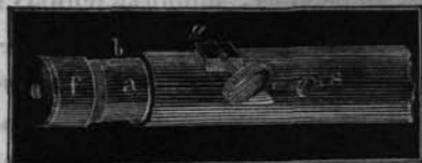
сѣтка на глухо прикрѣпляется своимъ кольцомъ ко внутренней поверхности колѣна въ фокусѣ глазнаго стекла; при такомъ устройствѣ трубы передвигаютъ оправу глазнаго стекла до тѣхъ поръ, пока нити сѣтки представляются совершенно ясными.

Последнее устройство имѣетъ предъ первымъ то преимущество, что

переводный аппаратъ
научно-технической
библиотека СССР
ЭКЗЕМПЛЯР

стекла, наведеніе трубы бываетъ точибе; передвиганіемъ сѣтки, винтики k скоро приводятся въ негодность. Фигура 32 представляетъ

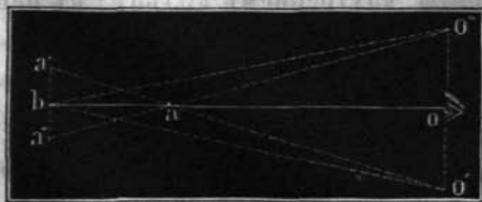
фиг. 32.



трубу новѣйшаго устройства; оправа f глазнаго стекла навинчивается на внутреннее колѣно; обращеніемъ винта g передвигается внутреннее колѣно съ глазнымъ стекломъ.

§ 26. По приведеніи сѣтки въ надлежащее положеніе относительно глазнаго стекла, возможно получить ясное изображеніе предмета только тогда, когда положеніе внутренняго колѣна такое, что изображеніе, образуемое предметнымъ стекломъ, совмѣщается съ плоскостью сѣтки; въ такомъ случаѣ глазъ съ ясностью видитъ сѣтку, а вмѣстѣ съ тѣмъ все изображенія, лежація съ нею въ одной плоскости. Слѣдовательно при употребленіи зрительной трубы надлежитъ сперва передвигать сѣтку или глазное стекло такъ, чтобы нити представлялись совершенно ясными. Для этого наводятъ трубу на небо или на стѣну и передвигаютъ сѣтку или глазное стекло до тѣхъ поръ, пока нити представляются рѣзкими черными линіями. Потомъ наводятъ трубу на какой-нибудь предметъ и передвигаютъ внутреннее колѣно такимъ образомъ, чтобы изображеніе, получаемое предметнымъ стекломъ, представилось въ ясномъ видѣ; это бываетъ въ томъ только случаѣ, когда изображеніе приведено въ плоскость сѣтки. Если-же это условіе не выполняется, то происходитъ *параллаксъ*, т. е. точка пересѣченія нитей кажется покрывающею различныя точки предмета при перемѣщеніи глаза предъ глазнымъ стекломъ, а потому наведеніе трубы на одну точку предмета не можетъ быть произведено съ точностью. Если a и b (фиг. 33) двѣ точки предмета, наблюдаемаго

фиг. 33.



глазомъ изъ точки O , находящейся на продолженіи прямой ab , то a и b кажутся сливающимися въ одну точку. При перемѣщеніи глаза въ точку O' , точка a кажется находящеюся въ a' вправо отъ b , изъ точки O'' , точка a кажется находящеюся влево отъ b въ точкѣ a'' . Отклоненіе точки a отъ b , происходящее при перемѣщеніи глаза, увеличивается съ увеличиваніемъ этого перемѣщенія или разстоянія ab . Означая уголъ $a'ab = \angle O'aO$, называемый *угломъ парал-*

лакса, чрезъ α , ab чрезъ d , aO чрезъ e , $a'b'$ чрезъ p и OO' чрезъ q , получимъ $\text{tang } \alpha = \frac{p}{d} = \frac{q}{e}$ и $p = d \cdot \frac{q}{e}$; откуда опредѣляется отклоненіе p . Такъ какъ точка b , болѣе отдаленная отъ глаза, кажется передвигающеюся съ глазомъ въ одну сторону относительно точки a , то легко узнается которая изъ двухъ данныхъ точекъ находится въ большемъ разстояніи отъ глаза. Очевидно, что параллакса не будетъ при совмѣщеніи точекъ a и b .

Для узнанія находится-ли изображеніе въ одной плоскости съ сѣткою, должно перемѣщать глазъ предъ глазнымъ стекломъ вправо и влѣво. Если при этомъ точка пересѣченія нитей кажется покрывающею одну и ту-же точку изображенія, то условіе выполняется; если-же изображеніе кажется измѣняющимъ свое положеніе, то передвиганіемъ внутренняго колѣна приводится оно въ плоскость сѣтки. Если при этомъ изображеніе кажется перемѣщающимся съ глазомъ въ ту-же сторону, то этимъ означается, что изображеніе болѣе отдалено отъ глаза, нежели сѣтка; для приведенія ея въ одну плоскость съ изображеніемъ, должно *вдвигать* внутреннее колѣно; если-же изображеніе кажется передвигающимся въ сторону, противную той, въ которой перемѣщался глазъ, то должно *выдвигать* внутреннее колѣно. Это дѣйствіе продолжается до тѣхъ поръ, пока уничтожается параллаксъ.

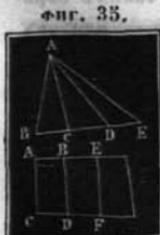
§ 27. Иногда помѣщаютъ вмѣсто сѣтки въ фокусъ глазнаго стекла особенный снарядъ, посредствомъ котораго опредѣляется величина изображенія, получаемаго предметнымъ стекломъ. Этотъ снарядъ состоитъ изъ кольца, въ которое ввинчиваютъ два микрометрическіе винта, діаметрально расположенные; стержни этихъ винтовъ представляютъ діаметръ кольца, проходящій чрезъ фокусъ глазнаго стекла; на шляпкахъ винтовъ означены дѣленія, по которымъ возможно опредѣлять части каждаго хода. По наведеніи трубы на какой-нибудь предметъ мѣстности такимъ образомъ, чтобы его изображеніе помѣстилось въ плоскости микрометрическихъ винтовъ, измѣняютъ разстояніе между ихъ концами такъ, чтобы изображеніе помѣстилось между ними. При этомъ замѣчаютъ сначала на какомъ дѣленіи остановилась стрѣлка одного винта; ввинчивая этотъ винтъ до прикасанія его конца съ концомъ другаго, замѣчаютъ число дѣленій, перейденныхъ стрѣлкою; это число показываетъ величину изображенія. Точность этого дѣйствія зависитъ не только отъ вѣрнаго ввинчивания винтовъ, но также и отъ равенства винтовыхъ нарѣзокъ. До употребленія инструмента надлежитъ повѣрить винты; для этого приводятъ попеременно концы ихъ въ совмѣщеніе съ крайними точками изображенія; если величина изображенія получается постоянно одна и таже, то винтовые нарѣзки вѣрны. Весьма трудно приводить концы винтовъ въ совмѣщеніе съ крайними точками предмета; для уничтоженія этого неудобства, придѣлываютъ къ кольцу двѣ или три нити, разстоянія между которыми

можно по произволу измѣнять вращеніемъ микрометрическихъ винтовъ. На кольцо



фиг. 34) прикрѣплены двѣ взаимно перпендикулярныя и пересѣкающіяся нити; другія-же двѣ нити прикрѣплены къ плакамъ S и S'; эти плашки приводятся въ движеніе между выступами p и p' вращеніемъ микрометрическихъ винтовъ. При наведеніи трубы на наблюдаемый предметъ, приводятъ высоту измѣряемаго изображенія въ положеніе перпендикулярное къ горизонтальнымъ нитямъ, т. е. въ совмѣщеніе съ вертикальною нитью; потомъ дѣйствуя винтами t и t', приводятъ крайнія горизонтальныя нити въ совмѣщеніе съ крайними точками опредѣляемой высоты. По числу ходовъ микрометрическихъ винтовъ опредѣляется, какъ выше объяснено, искомая высота. Сѣтка съ нитями можетъ быть замѣнена стекляннмъ кружкомъ, на которомъ проведено нѣсколько прямыхъ, параллельныхъ между собою линий и прямая къ нимъ перпендикулярная, проходящая черезъ центръ кружка. Этотъ кружокъ помѣщается въ фокусѣ глазнаго стекла, въ положеніи перпендикулярномъ къ оптической оси трубы; онъ приводится, какъ выше объяснено, въ одну плоскость съ изображеніемъ наблюдаемаго предмета. Наведя трубу такъ, чтобы вертикальная черта совмѣстилась съ высотой изображенія и чтобы крайняя изъ параллельныхъ казалась покрывающею крайнюю точку высоты, замѣчаютъ сколько помѣстилось чертъ между крайнею параллельною и другою точкою опредѣляемой высоты. Если другая крайняя точка не совмѣстится ни съ одною изъ параллельныхъ линий, то излишекъ опредѣляется на глазъ. Точность этого способа несравненно менѣе точности, достигаемой при употребленіи предъидущаго.

§ 28. Лучъ, исходящій изъ какой-нибудь свѣтлящей или освѣщенной точки въ глазъ, называется *лучемъ зрѣнія*; онъ опредѣляется прямою линіею, проведенною между глазомъ и наблюдаемою точкою. Если лучъ, направленный чрезъ извѣстную точку, долженъ проходить чрезъ другую еще точку, то глазъ должно помѣстить на продолженіи прямой, проходящей чрезъ обѣ точки. Лучъ зрѣнія, проходящій чрезъ двѣ извѣстныя точки, называется *лучемъ визированія*, а горизонтальная его проекція *линіею визированія*. Если лучи зрѣнія проходятъ чрезъ точки A и точки B, C прямой линіи, или чрезъ точки A и C, B и D (фиг. 35) двухъ прямыхъ, то лучи находятся въ одной плоскости, называемой *плоскостью визированія*. Всѣ лучи, находящіеся въ одной вертикальной плоскости визированія, опредѣляются одною линіею визированія, получаемою пересѣченіемъ плоскости визированія съ горизонтальною. *Визировать* значитъ направлять лучъ зрѣнія по извѣстной прямой линіи. Для опредѣленія направленія линіи визированія употребляются снаряды, на которыхъ означены двѣ точки, или точка и прямая линія, или двѣ прямыя, ле-



фиг. 35.

жащія въ одной плоскости. Въ зрительной трубѣ, вмѣшанной сѣтку, опредѣляется направленіе линіи визировапія соединеніемъ точки пересѣченія нитей съ оптическимъ центромъ глазаго стекла прямою линіею. Если точка пересѣченія нитей находится на оптической оси, то линія визировапія съ нею совмѣщается, а потому оптическая ось называется линіею визировапія зрительной трубы. На инструментахъ, служащихъ къ опредѣленію направленія линіи визировапія означается, кромѣ точекъ, прямая линія; эта прямая и означенныя точки должны находиться въ одной вертикальной плоскости въ то время, когда плоскость инструмента имѣетъ горизонтальное положеніе. Эта вертикальная плоскость называется *коллимационною*. Отсюда легко вывести условіе, которому долженъ удовлетворять снарядъ, опредѣляющій линіи визировапія; а именно всѣ линіи визировапія должны находиться съ горизонтальною линіею инструмента въ одной коллимационной плоскости. Снаряды, опредѣляющіе линіи визировапія, имѣютъ цѣлью находить взаимное положеніе линій, умственно проведенныхъ чрезъ извѣстныя точки мѣстности; а потому необходимо приводить линію мѣстности съ коллимационной плоскостью инструмента въ одну вертикальную плоскость. Если А и В двѣ точки мѣстности, то для приведенія вертикальной плоскости, проходящей чрезъ АВ въ совмѣщеніе съ коллимационною, должно сначала точку *a* горизонтальной линіи инструмента поставить отвѣсно надъ А, а потомъ перемѣстить инструментъ такъ, чтобы лучъ, проходящій чрезъ *a* и другую точку *b* горизонтальной линіи, проходилъ и чрезъ точку В; въ такомъ случаѣ говорятъ: линія визировапія, или оптическая ось, или лучъ зрѣнія направлены на точку В, или изъ точки А инструментъ наведенъ на В. Пересѣченіе коллимационной плоскости съ горизонтальною, опредѣляетъ горизонтальную проекцію линіи АВ.

§ 29. Для опредѣленія длины линій откладываютъ по ея направленію извѣстную мѣру длины столько разъ, сколько возможно, или сравниваютъ неизвѣстную длину съ другими опредѣленными на мѣстности линіями, находящимися съ искомою въ извѣстномъ отношеніи. Первый способъ опредѣленія длины называется *непосредственнымъ измѣреніемъ*, а второй *посредственнымъ*. Должно замѣтить, что при

всѣхъ измѣреніяхъ отыскивается длина горизонтальной проекціи, а не длина самой линіи (§ 3).

Линіи измѣряются на мѣстности: *жезломъ, тесьмою, шнуромъ и цѣпью.*

Жезломъ называется параллелопипедическій деревянный или желѣзный шестъ, длиною отъ 1 до 2 сажень. Концы деревянныхъ жезловъ оковываются желѣзомъ, а желѣзы напечиваются масломъ для уменьшенія вліянія сырости. При измѣреніи откладываютъ жезлъ по направленію данной линіи, соблюдая чтобы онъ постоянно находился въ вертикальной плоскости, проходящей чрезъ концы провѣшанной линіи. Жезломъ получается длина линіи съ точностью отъ

$\frac{1}{10000}$ до $\frac{1}{8000}$ ея длины; вообще бываетъ погрѣшность тѣмъ менѣе, чѣмъ болѣе длина жезла. На жезлахъ отмѣчаются футы и дюймы, а потому возможно опредѣлить длину линіи въ мельчайшихъ единицахъ длины.

Мѣрная тесьма дѣлается длиною въ 10 сажень. Чтобы ее предохранить отъ вліянія температуры, напечиваютъ ее масломъ; на ней означаются сажени и футы. *Мѣрный шнуръ* отличается отъ тесьмы тѣмъ, что онъ состоитъ изъ бичевки. При измѣреніи линіи откладываютъ тесьму или шнуръ по направленію провѣшанной линіи столько разъ, сколько возможно, соблюдая горизонтальное ихъ положеніе. До употребленія шнура или тесьмы, должно напередъ повѣрить ихъ длины и въ случаѣ погрѣшности, вводить ее въ вычисленія.

§ 30. *Мѣрная цѣпь* (фиг. 36) дѣлается длиною въ 10 сажень; она состоитъ изъ колецъ, дѣлаемыхъ изъ желѣзной проволоки, толщиною отъ 2 до 3 линій и соединенныхъ одно съ другимъ кольцами; разстояние между центрами двухъ смежныхъ колецъ должно равняться футу; діаметръ крайнихъ колецъ дѣлается болѣе, а крайнія кольца нѣсколько короче такъ, чтобы разстояние между центрами крайнихъ колецъ составляло 10 сажень. Сажени означаются на цѣпи мѣдными значками. Чтобы во время работы удобнѣе было переносить цѣпь, надѣваютъ крайнія кольца на кольца, имѣющіе снизу коническій наконечникъ (фиг. 37) и перекладину для удержанія цѣпи. Эти кольца, называемые *цѣпными*, дѣлаются длиною около двухъ аршинъ, а въ діаметръ около дюйма. При измѣреніи линій необходимо имѣть два цѣпные кола; кромѣ

♦. 37. того еще 10 колышковъ, длиною въ 1 футъ и толщиною отъ 3 до 4 линій, имѣющихъ сверху кольца, которыми они надѣваются на веревку. Вѣрность цѣпи состоитъ въ томъ, чтобы ея длина, т. е. разстояніе между центрами крайнихъ колецъ, равнялась 10 саженьямъ, когда цѣпь вытянута. Для узнанія ея вѣрности, откладываютъ по прямой линіи на горизонтальномъ мѣстѣ 10 сажень посредствомъ саженнаго жезла; потомъ накладываютъ цѣпь крайнимъ кольцомъ надъ оконечностью измѣренной линіи и, вытягивая ее, замѣчаютъ, совмѣщается-ли центръ другаго крайняго кольца съ другимъ концомъ той-же линіи. Если окажется, что длина цѣпи болѣе или менѣе 10 сажень, то необходимо опредѣлить съ точностью погрѣшность повтореннымъ наложениемъ цѣпи. При длинѣ цѣпи, равной 10 саж. $\pm \alpha$, опредѣлится длина l линіи, на которой цѣпь уложилась n разъ, изъ равенства: $l = n(10 \pm \alpha) = n \cdot 10 \pm n \cdot \alpha$. Полагая цѣпь 1,5 дюймамъ длиннѣе 10 сажень и $n = 46$, получимъ истинную длину линіи $l = 46 \cdot 10 + 46 \cdot 1,5 = 460$ саж. $+ 5\frac{3}{4}$ фут. Если цѣпь уложилась на данной линіи на примѣръ 17, 25, 46 разъ, то говорятъ, что длина линіи равна 17, 25, 46 цѣпямъ. Посредствомъ цѣпи производится измѣреніе съ точностью отъ $\frac{1}{800}$ до $\frac{1}{1000}$ измѣряемой линіи, такъ что длина въ 800 сажень можетъ получиться равною 801 или 799 саженьямъ.

§ 31. При измѣреніи линіи на мѣстности, съемщикъ непременно долженъ имѣть помощника. Надѣвъ цѣпь крайними кольцами на цѣпные колья, съемщикъ ставитъ цѣпной колъ А въ начальной точкѣ измѣряемой линіи; въ то-же время помощникъ, взявъ цѣпной колъ В, тащитъ цѣпь за собою по направленію провѣшенной линіи. Когда цѣпь вся уложилась, тогда помощникъ вытягиваетъ ее и потомъ вытываетъ колъ В въ землю, а съемщикъ смотритъ, находится-ли этотъ колъ въ вертикальной плоскости, проходящей чрезъ крайнія точки линіи. Если колъ В воткнутъ не въ надлежащемъ мѣстѣ, то помощникъ долженъ по знаку, подаваемому съемщикомъ, переставить колъ В. Потомъ вынувъ колъ В, помощникъ на его мѣсто вытываетъ одинъ изъ колышковъ, при немъ находящихся. По знаку, подаваемому помощникомъ, онъ и съемщикъ идутъ далѣе, пока послѣдній дойдетъ до воткнутаго колышка; по условному знаку помощникъ останавливается, а съемщикъ, вынувъ колышекъ, вытываетъ въ ту-же точку цѣпной колъ А. Потомъ онъ переводитъ помощника, какъ выше объ-

лсено, на провѣшенную линію; помощникъ-же, вытянувъ цѣпь и вынувъ цѣпной колъ В, втыкаетъ колышекъ № 2 въ землю. Дойдя до этого колышка, повторяютъ то-же дѣйствіе; такимъ-же образомъ производится измѣреніе до крайней точки линіи. Въ этой точкѣ Z (фиг. 38) помощникъ втыкаетъ цѣпной колъ В, а съемщикъ, вытя-

фиг. 38.

нувъ цѣпь отъ точки Z до послѣдняго колышка, замѣчаетъ длину β цѣпи; если при этомъ точка У помѣстилась между двумя смежными кольцами, то получится часть фута, которую опредѣляютъ на глазъ. Если при измѣреніи помощникъ исрасходывалъ всѣ 10 колышковъ, не достигнувъ точки Z, то съемщикъ, поставивъ цѣпной колъ А вмѣсто колышка № 10, передаетъ помощнику всѣ 10 колышковъ, а на особой бумажкѣ отмѣчаетъ сколько разъ колышки были передаваемы. Полагая, что колышки передавались n разъ и что между послѣднимъ колышкомъ У и крайнею точкою Z помѣстилась часть a цѣпи, получимъ всю длину линіи $l = n \cdot 10 + a$.

§ 32. Для точнѣйшаго производства измѣренія должно соблюдать слѣдующія замѣчанія:

1) Чтобы колѣна не были запутаны; для этого должно, вытягивая цѣпь, выпрямлять запутанныя колѣна. При переноскѣ цѣпь оставляютъ вытянутою.

2) Чтобы колышки въ надлежащихъ мѣстахъ были втыкиваемы въ землю и чтобы съемщикъ втыкалъ свой цѣпной колъ именно въ тѣхъ мѣстахъ въ землю, гдѣ находились колышки.

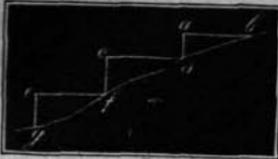
3) Чтобы цѣпь постоянно находилась по направленію провѣшенной линіи. Для этого съемщикъ непремѣнно долженъ наблюдать, чтобы помощникъ не уклонялся отъ дашняго направленія; притомъ цѣпные кольца должны быть втыкаемы въ землю вертикально. Для повѣрки долженъ также помощникъ смотрѣть чрезъ свой воткнутый колъ на цѣпной колъ А съемщика, находятся-ли оба кола А и В въ одной вертикальной плоскости съ крайнею точкою провѣшенной линіи.

4) Чтобы при измѣреніи длинныхъ линій не произошли ошибки передачею колышковъ; для этого съемщикъ переноситъ всѣ 10 колышковъ помощнику въ то время, когда одиннадцатая цѣпь выпрямлена и вытянута. Потомъ съемщикъ возвращается къ своему цѣпному колу, а помощникъ втыкаетъ одиннадцатый колышекъ въ землю. Также

необходимо, чтобы длинныя линіи были означены нѣсколькими промежуточными кольями.

§ 33. До сихъ поръ разсматривали измѣреніе линій, находящихя на горизонтальной плоскости; если-же линія пролегаетъ на неровной мѣстности, то опредѣляютъ длину ея горизонтальной проекціи послѣдовательнымъ измѣреніемъ горизонтальныхъ проекцій $ab, cd \dots$ (Фиг.

фиг. 39.



39) частей искомой линіи. При подобномъ измѣреніи каждая цѣпь $ab, cd \dots$ приводится по возможности въ горизонтальное положеніе; для этого должно приподнять конецъ цѣпи, входящейся надъ такую точку мѣстности,

которая ниже другаго конца цѣпи. Должно замѣтить, что при незначительномъ наклоненіи измѣряемой линіи къ горизонтальной, разность между ними будетъ незначительная, такъ на примѣръ (фиг. 40) при

фиг. 40.



углѣ abc , равномъ 2° , линія ab болѣе bc только $\frac{1}{2500} bc$;

слѣдовательно въ подобномъ случаѣ нѣтъ надобности приподнимать цѣпь. При углѣ abc , равномъ 30° , линія ab превышаетъ длину bc на $\frac{1}{6} bc$. Вообще при измѣреніи наклонныхъ линій

цѣпью могутъ происходить слѣдующія ошибки: цѣпь, вытянутая между точками a и b (фиг. 41) не составляетъ прямую линію, но обра-

фиг. 41.



зуютъ кривую acb . Означая длину цѣпи чрезъ l и полагая хорду ac , равную дугѣ ac , получимъ хорду $ac = \frac{l}{2}$, но ab

$= 2ac \cdot \cos \alpha = l \cdot \cos \alpha$ и $cd = ac \cdot \sin \alpha$; слѣдовательно $cd = \frac{l}{2} \cdot \sin \alpha$.

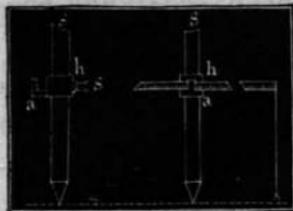
При $l = 10$ саженимъ и $\alpha = 2^\circ$ получимъ $ab = 9,994$ саж.; слѣдовательно ab только на 0,006 сажени менѣе 10 сажень. Эта незначительная погрѣшность всегда пренебрегается; чувствительнѣе будетъ ошибка, если концы $a, c, e \dots$ цѣпи не находятся отвѣсно надъ точками $d, f, g \dots$ мѣстности. При незначительномъ наклоненіи измѣряемой линіи къ горизонтальной, конецъ цѣпи удобно приподымается,

фиг. 42.



но при большомъ наклоненіи конецъ поднятой цѣпи иногда приходится выше цѣпнаго кола (фиг. 42); въ такомъ случаѣ должно ставить цѣпные колья ближе одинъ къ другому и измѣреніе производить не всею цѣпью, а только частью ея. Весьма часто измѣряютъ линіи, находящіяся на наклонной плоскости, жезлами. Для

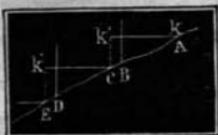
фиг. 43.



удобнѣйшаго производства работы можно употребить снарядъ (фиг. 43), состоящій изъ четырехъграннаго шеста S , который обхватывается свободно двигающимся пустымъ параллелоипедомъ h , имѣющимъ съ боку выступную часть a ; закрѣпительнымъ винтомъ S можно

прекращать движеніе параллелоипеда. При измѣреніи линіи кладутъ жезлъ однимъ концомъ въ точку A (фиг. 44), а въ точкѣ B ставятъ

фиг. 44

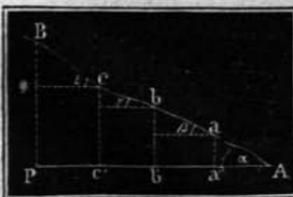


описанный шестъ въ отвѣсномъ положеніи; кладутъ конецъ k' на выступъ a параллелоипеда и приподнимаютъ или опускаютъ h до тѣхъ поръ, пока жезлъ не будетъ находиться въ горизонтальномъ положеніи. Для точнѣйшаго опредѣленія точки C , находящейся отвѣсно подъ концомъ k' жезла употребляется *отвѣсъ*; онъ состоитъ изъ коническаго куска металла, прикрѣпленнаго къ нити (фиг. 43.) Нить, будучи прикрѣплена къ концу k' жезла, опредѣлитъ направленіе вертикальной линіи. Опредѣливъ на мѣстности точку C (фиг. 44), переносятъ жезлъ концомъ k изъ точки A въ C , а въ точкѣ D ставятъ шестъ; приводятъ жезлъ въ горизонтальное положеніе, опредѣляютъ посредствомъ отвѣса точку E , находящуюся отвѣсно подъ концомъ k' и т. д. Дойдя такимъ образомъ до крайней точки измѣряемой линіи, узнаемъ по числу жезловъ длину горизонтальной проекціи линіи.

Для опредѣленія длины горизонтальной проекціи AP линіи AB (фиг. 45) можно поступать еще другимъ способомъ: измѣряютъ линію AB , откладывая цѣпь или жезлъ на землѣ; опредѣляютъ углы α , β , γ , ϵ , составляемые линіями Aa , ab , bc , cB съ горизонтальною. Принимая линіи $Aa = l$, $ab = l'$, $bc = l''$, $cB = l'''$ за прямыя, получимъ: $Aa' = l \cdot \cos \alpha$, $a'b' = l' \cdot \cos \beta$, $b'c' = l'' \cdot \cos \gamma$ и $c'P = l''' \cdot \cos \epsilon$; откуда $AP = l \cdot \cos \alpha + l' \cdot \cos \beta + l'' \cdot \cos \gamma + l''' \cdot \cos \epsilon$. При $Aa = ab = bc = cB = 2$ сажениамъ, получимъ при углахъ α , β , γ , ϵ , равныхъ 5° , 10° ... слѣдующія величины для Aa' , $a'b'$...

Для опредѣленія длины горизонтальной проекціи AP линіи AB

фиг. 45.



(фиг. 45) можно поступать еще другимъ спосо-

бомъ: измѣряютъ линію AB , откладывая цѣпь

или жезлъ на землѣ; опредѣляютъ углы α , β ,

γ , ϵ , составляемые линіями Aa , ab , bc , cB съ

горизонтальною. Принимая линіи $Aa = l$, ab

$= l'$, $bc = l''$, $cB = l'''$ за прямыя, получимъ:

$Aa' = l \cdot \cos \alpha$, $a'b' = l' \cdot \cos \beta$, $b'c' = l'' \cdot \cos \gamma$ и $c'P = l''' \cdot \cos \epsilon$;

откуда $AP = l \cdot \cos \alpha + l' \cdot \cos \beta + l'' \cdot \cos \gamma + l''' \cdot \cos \epsilon$. При Aa

$= ab = bc = cB = 2$ сажениамъ, получимъ при углахъ α , β , γ , ϵ ,

равныхъ 5° , 10° ... слѣдующія величины для Aa' , $a'b'$...

равныхъ 5° , 10° ... слѣдующія величины для Aa' , $a'b'$...

Углы наклоенія.	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
Длины горизонтальныхъ проекцій.	1,99	1,96	1,93	1,88	1,81	1,74	1,64	1,53	1,41

При $Aa = ab = \dots = 10$ саженьмъ, получилъ для Aa' , $a'b'$. . . слѣдующія величины :

Углы наклоенія.	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
Длины горизонтальныхъ проекцій.	9,96	9,85	9,66	9,4	9,06	8,66	8,19	7,66	7,07

Требуется опредѣлить длину AP при $Aa = ab = \dots = 10$ саженьмъ и при $\alpha = 25^\circ$, $\beta = 15^\circ$, $\gamma = 30^\circ$ и $\varepsilon = 10^\circ$; тогда $AP = Aa' + a'b' + b'c' + c'P$, но $Aa' = 9,06$, $a'b' = 9,66$, $b'c' = 8,66$, $c'P = 9,85$; откуда $AP = 9,06 + 9,66 + 8,66 + 9,85 = 37,23$ саж. Если измѣряемая линия AB уклоняется отъ горизонтальной только на уголъ α , то ея проекція $AP = \text{Cos } \alpha \cdot (l + l' + l'' + \dots) = nl \cdot \text{Cos } \alpha$, гдѣ n означаетъ число цѣпей. При $\alpha = 5^\circ$, $l = 10$ саж. и $n = 20$, получимъ $AP = 20 \cdot 9,40 = 188$ саженьмъ (Фиг. 45).

§ 34. Наконецъ рассмотримъ ошибки, происходящія отъ неточнаго отгладыванія цѣпи или жезла по направленію измѣряемой линии. Положимъ, что длина цѣпи $l = Aa = ab = \dots$ (Фиг. 42) уложилась по длинѣ линии n разъ и что получилась неточная длина $Aabc \dots$ отклоненіемъ цѣпи отъ прямого направленія; при отклоненіяхъ $aa' = bb' = \dots = a$, получимъ

$$Aa' = Vd' = \sqrt{l^2 - a^2} = (l^2 - a^2)^{\frac{1}{2}} = l \left(1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{a^2}{l^2} - \frac{1}{8} \cdot \frac{a^4}{l^4} - \dots \right);$$

Фиг. 46.



$$a'b' = a'x + b'x = \sqrt{a^2x^2 - a^2a^2} + \sqrt{xb^2 - b^2b^2} = \sqrt{\frac{ab^2}{4} - a^2a^2} + \sqrt{\frac{a^2b^2}{4} - b^2b^2} = \sqrt{\frac{l^2}{4} - a^2} +$$

$$\sqrt{\frac{l^2}{4} - a^2} = 2 \sqrt{\frac{l^2}{4} - a^2} = 2 \left(\frac{l^2}{4} - a^2 \right)^{\frac{1}{2}} = 2 \cdot \frac{l}{2} \left(1 - 2 \cdot \frac{a^2}{l^2} - 2 \cdot \frac{a^4}{l^4} - \dots \right),$$

но $a'b' = b'c' = c'e' = \dots l \left(1 - 2 \cdot \frac{a^2}{l^2} - 2 \cdot \frac{a^4}{l^4} - \dots \right)$. Очевидно, что

$$AB = Aa' + Vd' + a'b' + b'c' + c'e' + \dots \text{ или } AB = 2Aa' + (n-2)a'b'.$$

Вставляя въ послѣднее уравненіе выше найденныя величины, получимъ

$$AB = 2l \left(1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{a^2}{l^2} \right) + (n-2)l \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{a^2}{l^2} \right),$$

отбрасывая высшія степени дроби $\frac{\alpha}{l}$. Слѣдствъ въ послѣднемъ уравненіи надлежащія преобразованія, получимъ

$$AB = 2l - \frac{\alpha^2 l}{l^2} + nl - \frac{2n\alpha^2 l}{l^2} - 2l + \frac{4\alpha^2 l}{l^2} = nl + \frac{3\alpha^2 l}{l^2} - \frac{2n\alpha^2 l}{l^2} = l \left\{ n - (2n-3) \frac{\alpha^2}{l^2} \right\} \\ = nl - (2n-3) \frac{\alpha^2}{l}.$$

Отсюда слѣдуетъ, что длина линіи АВ равна nl , но короче на $(2n-3) \frac{\alpha^2}{l} = F$.

Погрѣшность F увеличивается увеличиваніемъ величинъ n и α и уменьшеніемъ количества l ; а потому при малой длинѣ l должно обратить особенное вниманіе, чтобы жезлъ или цѣпь уложились по направленію провѣшенной линіи. При $\alpha = 2$ дюйм. $l = 10$ саж. $= 840$ дюйм. и $n = 20$, получимъ

$$F = (2 \cdot 20 - 3) \frac{4}{840} = \frac{37}{210} = 0,1762 \text{ дюйм. При } \alpha = \frac{1}{2} \text{ дюйм., } l = 2 \text{ саж.} = 168 \text{ дюйм.}$$

и $n = 100$, получимъ

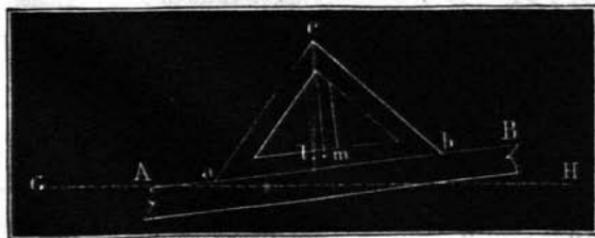
$$F = (2 \cdot 100 - 3) \frac{1}{4 \cdot 168} = \frac{197}{672} = 0,2932 \text{ дюйм. Изъ предъидущихъ примѣровъ видно,}$$

что при одинаковой длинѣ ломанной линіи, погрѣшность тѣмъ болѣе, чѣмъ менѣе длина мѣрнаго снаряда. Вообще эта погрѣшность бываетъ незначительна при внимательномъ измѣреніи линіи. Главнѣйшія ошибки, встрѣчающіяся при измѣреніи линіи, происходятъ отъ измѣренія самой линіи, а не горизонтальной ея проекціи.

§ 35. При измѣреніи линій на мѣстности встрѣчалась необходимость приведенія жезла въ горизонтальное положеніе (§ 33). Опредѣленіе горизонтальнаго положенія линіи или плоскости, отъ котораго зависитъ точность работы, повторяется почти во всѣхъ дѣйствіяхъ Геодезіи, а потому необходимо разсмотрѣть снаряды, для этого употребляемые.

Уровень съ отвѣсомъ или ватерпасъ (Фиг. 47) состоитъ изъ равнове-

фиг. 47.



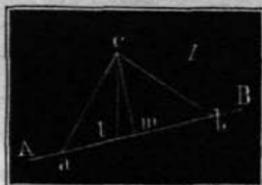
дреннаго треугольника abc , къ вершинѣ c котораго прикрѣплена нить cl съ отвѣсомъ. Чрезъ точку c проведена прямая cm , перпендикулярная къ нижнему краю ab

основанія треугольника, или только означаетъ основаніе m упомянутого перпендикуляра. Если треугольнику abc дать такое положеніе, чтобы нить cl совмѣстилась съ прямою cm , то cm получить отвѣсное, а линія ab горизонтальное положеніе. Отсюда слѣдуетъ, что для при-

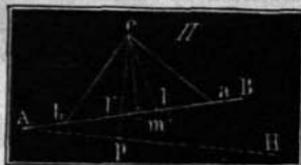
веденія какой-нибудь прямой линіи АВ въ горизонтальное положеніе, должно, поставивъ на ней ватерпасъ такъ, чтобы его основаніе ab совмѣстилось съ АВ, измѣнять положеніе линіи АВ до тѣхъ поръ, пока нить cl совмѣстится съ прямою st .

Вѣрность ватерпаса состоитъ въ томъ, чтобы прямая st была перпендикулярна къ основанію ab . Повѣрка этого условія производится слѣдующимъ образомъ: пусть ватерпасъ поставленъ краемъ ab (фиг. 48) на наклонную прямую АВ; означивъ на ab точку l отвѣса, получимъ уголъ clb , составляемый линіею АВ съ вертикальною. Переставивъ на линіи АВ (фиг. 49) ватерпасъ такъ, чтобы точка b заняла мѣсто точки a , нить отвѣса приметъ положеніе cl' ; уголъ $cl'a$, составляемый вертикальною линіею cl' съ наклонной

фиг. 48.



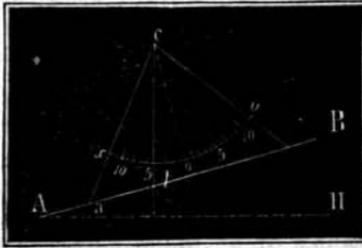
фиг. 49.



АВ, долженъ равняться углу clb , а потому треугольникъ cll' равнобедренный. Раздѣляя основаніе ll' пополамъ и соединяя средину m' съ вершиною c , получимъ прямую cm' , перпендикулярную къ основанію ll' . Если точка m' совмѣщается съ означенною m , то положеніе последней вѣрно; въ противномъ случаѣ должно замѣнить m точкою m' ; но необходимо при этомъ опредѣлить съ точностью положеніе точки m' , повторяя описанное дѣйствіе нѣсколько разъ. Должно замѣтить, что уголъ lcl'' , составляемый направленіями нити, равенъ удвоенному углу, составляемому наклонной линіею АВ съ горизонтальною АН; дѣйствительно $\angle lcl'' = 2 \cdot \angle mcl'$ и $\angle mcl' = \angle ВАН$, слѣдовательно $\angle lcl'' = 2 \cdot \angle ВАН$.

Отыщемъ степень точности, съ которою опредѣляется положеніе горизонтальной линіи: означимъ длину нити $cl = cm$ чрезъ n ; ошибку, происходящую отъ неточнаго совмѣщенія нити cl съ перпендикуляромъ cm , чрезъ d и чрезъ α ошибку, получаемую при опредѣленіи угла ВАН. При горизонтальномъ положеніи линіи АН, уголъ ВАН $= \alpha$, но уголъ ВАН $= \angle lcm$; такъ какъ величина α весьма мала, то $\alpha = \text{tang } \alpha = \text{tang } lcm = \frac{lm}{cm} = \frac{d}{n}$. При $d = 0,01$ дюйма, $n = 8$ дюймамъ, получимъ $\alpha = 4\frac{1}{5}$ минутамъ; слѣдовательно точность будетъ отъ 4 до 5 минутъ.

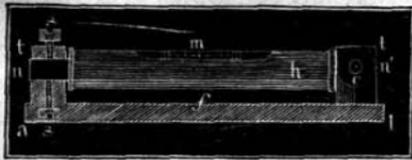
§ 36. Прикрѣпляя къ ватерпасу дугу xu (фиг. 50), раздѣленную на градусы и имѣющую центръ въ точкѣ c , возможно опредѣлить величину угловъ, составляемыхъ направле- ниями нити съ перпендикуляромъ. Градусныя дѣ- ления расположены по дугѣ отъ нуля въ обѣ сто- роны, а нуль помѣщается на перпендикулярѣ ct . Пусть $АН$ представляеть горизонтальную линію и $АВ$ къ ней наклонную; тогда уголъ $ВАН$ ра- вень углу ocl , измѣряющемуся частью дуги xu , заключенною между нулемъ и точкою пересѣче- нія дуги съ нитью; а потому уголъ $ВАН$ выразится тою-же частью дуги xu . Въ этомъ снарядѣ повѣряется положеніе перпендикуляра ct , какъ выше было показано, но съ тѣмъ различіемъ, что не отмѣчаютъ точки l и l' нити, а замѣчаютъ на дугѣ тѣ градусныя дѣленія, которыя закрываются нитью при повторенномъ наложеніи ва- терпаса на прямой $АВ$. Если замѣчанныя градусныя дѣленія при повторенномъ на- ложеніи ватерпаса равно отстоятъ отъ нуля, то положеніе перпендикуляра и вмѣстѣ съ тѣмъ нулевого дѣленія вѣрно; если-же дѣленія неравно отстоятъ отъ нуля, то опредѣляется истинное его положеніе раздѣленіемъ дуги, заключенной между замѣ- чанными дѣленіями, на двѣ равныя части. Сообразно новому положенію нуля должно исправить прочія дѣленія дуги xu , или-же можно съ точностью замѣтить и запо- мнить разстояніе между ошибочнымъ и истиннымъ положеніями нуля. При опредѣ- неніи горизонтальнаго направленія должно соблюдать, чтобы нить совмѣщалась съ истиннымъ нулевымъ дѣленіемъ; при отысканіи величины угла, составляемаго на- клонной линіею съ горизонтальной поступаютъ слѣдующимъ образомъ: зная невѣрное положеніе нуля и слѣдовательно всѣхъ прочихъ дѣленій, замѣчаютъ тѣ дѣленія, ко- торыя будутъ покрываемы нитью при повторенномъ наложеніи ватерпаса. Изъ фор- мулы: $\angle lcl' = 2ВАН$, опредѣляется удвоенный искомый уголъ. Впрочемъ величина искомага угла опредѣляется также однимъ наложеніемъ ватерпаса. Сначала замѣтимъ: если на дугѣ съ градусными дѣленіями положеніе нуля должно удовлетворять из- вѣстнымъ условіямъ и оказалось, что оно ошибочно, то отклоненіе означеннаго на дугѣ нулевого дѣленія отъ истиннаго называется *коллимационною ошибкою* градуснаго дѣленія; эту ошибку должно уничтожить или ввести въ вычисленія. Пусть на при- мѣр при первомъ наложеніи ватерпаса замѣчана дуга ox , заключающая α градусовъ, а при второмъ дуга oy , содержащая β градусовъ; при томъ найдено, что $\alpha > \beta$; тогда уголъ, составляемый наклонной линіею $АВ$ съ горизонтальной $АН$, равенъ $\frac{\alpha + \beta}{2}$.



Первая замѣчанная дуга ox болѣе настоящей количествомъ $\alpha - \frac{\alpha + \beta}{2} = \frac{\alpha - \beta}{2}$; вторая дуга oy менѣе настоящей количествомъ $\frac{\alpha + \beta}{2} - \beta = \frac{\alpha - \beta}{2}$. Отсюда слѣдуетъ, что нулевое дѣленіе находится болѣе вправо на величину $\frac{\alpha - \beta}{2}$ и коллимационная ошибка равна $\frac{\alpha + \beta}{2}$; а потому дуга, замѣчанная на сторонѣ ox болѣе истинной на $\frac{\alpha - \beta}{2}$; на сторонѣ oy менѣе на $\frac{\alpha - \beta}{2}$.

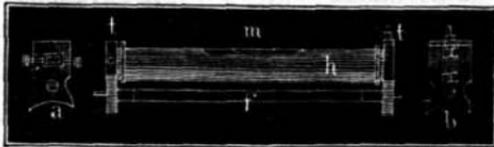
§ 37. *Уровень съ воздушнымъ пузырькомъ.* Устройство этого инструмента основывается на томъ свойствѣ жидкостей, что легчайшая изъ нихъ всегда занимаетъ верхнюю часть сосуда. Этотъ уровень состоитъ изъ стеклянной трубки, въ которую вливаютъ винный спиртъ съ оставленіемъ въ ней небольшой пустоты; запаявъ концы трубки, получимъ въ ней небольшой воздушный пузырекъ, занимающій при всякомъ положеніи трубки наивысшую въ ней точку. Стеклянная трубка находится въ мѣдной оправѣ (фиг. 51), состоящей изъ трехъ частей:

фиг. 51.



цилиндра h съ вырѣзанною частью m и съ двумя выступами n и n' , основанія f и двухъ подставокъ l и l' . На этихъ подставкахъ лежитъ уровень выступами n и n' ; одинъ изъ нихъ n можно по произволу опускать или приподнимать обращеніемъ винта S ; при этомъ дѣйствии другой выступъ n' вращается на оси C . Подставки уровня помѣщаются на параллелограммическомъ основаніи ab .

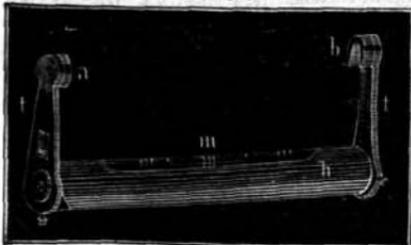
фиг. 52.



Если уровень предназначенъ быть поставляемымъ на цилиндрической поверхности, то вырѣзаются въ нижнихъ частяхъ подставокъ сегменты a и b (фиг.

52). Въ обоихъ случаяхъ уровни называются *лежащими*. Уровень, прикрѣпленный къ подставкамъ l (фиг. 53), висячимъ на цилиндрической поверхности, называется *висячимъ*.

фиг. 53.



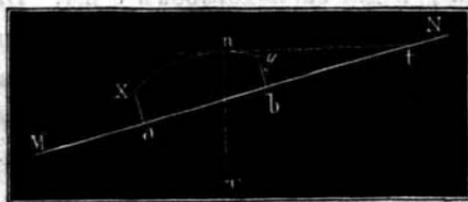
Уровни дѣлаются длиною отъ 4 до 10 дюймовъ, а въ діаметрѣ отъ $\frac{1}{4}$ до $\frac{3}{4}$ дюйма. Въ точнѣйшихъ уровняхъ дѣлается верхняя часть внутренней поверхности трубки вдоль по длинѣ выпуклою; а потому при всякомъ по-

ложеніи уровня, известная часть внутренней кривизны будетъ наивысшею и слѣдовательно занимаемою пузырькомъ. Если прямая ab , называемая основаніемъ уровня находится въ горизонтальномъ положеніи, то кака-нибудь точка внутренней кривизны трубки должна быть наивысшею, въ которой слѣдовательно находится пузырекъ; эта наивысшая точка m , соответствующая горизонтальному положенію основанія ab , означается на внѣшней поверхности трубки. При

горизонтальномъ положеніи ab , воздушный пузырькъ долженъ раздѣляться чертою, проведенною чрезъ m , на двѣ равныя части. Отсюда легко выводится употребленіе уровня. Для приведенія линіи MN въ горизонтальное положеніе, ставятъ уровень основаніемъ ab на MN и измѣняютъ положеніе данной линіи до тѣхъ поръ, пока пузырькъ займетъ надлежащее мѣсто. Вообще для вѣрнаго опредѣленія мѣста, занимаемаго пузырькомъ, отмѣчаютъ кромѣ m , еще черты, равноотстоящія и расположенныя вправо и влѣво отъ средней черты.

§ 38. Пусть xny (фиг. 54) внутренняя кривизна трубки; тогда n наивысшая точка трубы, т. е. именно та, которая находится на вер-

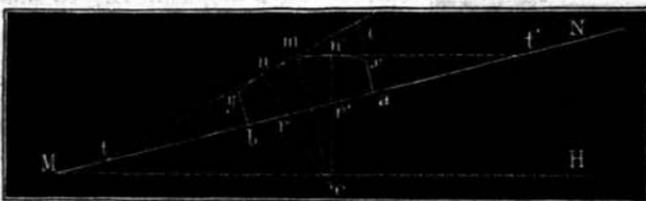
фиг. 54.



тикальномъ радіусѣ cn дуги xny ; слѣдовательно касательная nt , проведенная чрезъ точку n къ дугѣ xny , должна находиться въ горизонтальномъ положеніи. И такъ воздушный пузырькъ находится

въ такой точкѣ n , при которой касательная будетъ горизонтальная линія, и обратно: въ точкѣ касанія горизонтальной касательной дол-

фиг. 55.



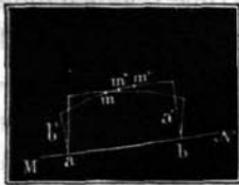
женъ находиться пузырькъ; уголъ nta выражаетъ наклоненіе линіи MN къ горизонтальной. Переставивъ на линіи

MN уровень такъ, чтобы точка a заняла мѣсто b и точка b мѣсто a (фиг. 55), получимъ новую точку n' , лежащую на срединѣ пузырька; касательная $n't'$, проведенная чрезъ n' , находится въ горизонтальномъ положеніи и уголъ $n't'b$ также означаетъ наклоненіе линіи MN къ горизонтальному направленію. Слѣдовательно $\angle nta = \angle n't'b = \angle NMN$; уголъ v , составляемый касательными, равенъ $\angle nta + \angle n't'b = 2 \cdot \angle NMN$, т. е. уголъ v равенъ удвоенному углу наклоенія. Проведя радіусы nc и $n'c$, получимъ уголъ ncn' , равный углу v ; но уголъ ncn' измѣряется дугою nn' , а потому дуга $nn' = \angle ncn' = \angle v = 2 \cdot \angle NMN$. Если на дугѣ unx означены дѣленія, то отъ переставленія уровня, середина пузырька будетъ совмѣщаться съ двумя дѣленіями n и n' . Дуга nn' , находящаяся между замѣчанными дѣленіями, опредѣляетъ величину удвоеннаго угла наклоенія. Если въ

обоихъ положеніяхъ уровня, середина пузырька совмѣщается съ одной точкою дуги xyn , то дуга nn' равна нулю и слѣдовательно уголъ NMN уничтожится, т. е. линія MN находится въ горизонтальномъ положеніи. Воображая дугу nn' раздѣленною въ точкѣ m на двѣ равныя части и измѣняя положеніе линіи MN до тѣхъ поръ, пока середина пузырька совмѣстится съ m , получимъ горизонтальное положеніе линіи MN . Въ этомъ можно убѣдиться слѣдующимъ образомъ: въ прямоугольныхъ треугольникахъ tnr и $t'n'r'$ углы ntt' и $n't'r'$ равны между собою, слѣдовательно $\angle trn = \angle t'r'n'$; а потому треугольникъ crr' равнобедренный; слѣдовательно прямая cm , раздѣляющая уголъ rcr' по-поламъ, перпендикулярна къ основанію rr' . Но радіусъ cm долженъ быть также перпендикуляренъ къ касательной, проведенной чрезъ точку m , а потому rr' или линія MN должна быть параллельна къ касательной. Если середина пузырька совмѣщается съ точкою m , то касательная, проведенная чрезъ m , а слѣдовательно и линія MN примутъ горизонтальное положеніе.

§ 39. Условіе, требуемое отъ вѣрнаго уровня состоитъ въ томъ, чтобы основаніе его находилось въ горизонтальномъ положеніи въ то время, когда пузырекъ совмѣщается съ среднею частью трубки. Повѣрка слѣдуетъ изъ предъидущаго, что линія MN и вмѣстѣ съ тѣмъ основаніе ab съ нею совмѣщающееся должны быть горизонтальны при совмѣщеніи середины пузырька съ точкою m . Для узнанія горизонтальнаго положенія основанія, ставятъ уровень на какой-нибудь линіи NM и измѣняютъ ея положеніе до тѣхъ поръ, пока пузырекъ займетъ надлежащее мѣсто; не измѣняя положеніе MN , переставляютъ уровень на этой линіи и смотрятъ, измѣнилось-ли положеніе пузырька или нѣтъ. Если пузырекъ занимаетъ то-же мѣсто, какъ при первомъ положеніи уровня, то уголъ наклоненія прямой MN равенъ нулю; т. е. линія MN и ab находятся въ горизонтальномъ положеніи при совмѣщеніи середины пузырька съ точкою m . Если-же при второмъ положеніи уровня, положеніе пузырька измѣнилось, т. е. середина его совмѣстилась съ какою-нибудь другою точкою m' , то дуга mm' измѣряетъ удвоенный уголъ NMN . Прямой MN или ab (фиг. 56) можно дать горизонтальное положеніе, наклонивъ линію MN такъ,

Фиг. 36



чтобы средняя пузырька совместилась съ точкою m'' , лежащею на срединѣ между m и m' . Изъ этого слѣдуетъ, что при совмѣщеніи средины пузырька съ точкою m , основаніе ab негоризонтально, т. е. уровень невѣренъ. Приведа средину пузырька въ совмѣщеніе съ точкою m'' обращеніемъ винтика S (Фиг. 51) уровня, уничтожаемъ погрѣшность $m'm''$; но при этомъ положеніи пузырька, ось уровня и плоскость MN не находятся въ горизонтальномъ положеніи. Онутивъ конецъ N плоскости такъ, чтобы пузырекъ перешелъ въ m , приводимъ плоскость MN и основаніе ab въ горизонтальное положеніе.

§ 40. Для уровней, лежащихъ на цилиндрическихъ поверхностяхъ, должно присокупить еще слѣдующую повѣрку: прямая ab должна находиться въ одной плоскости съ осью уровня, т. е. съ линіею, соединяющею центры основаній цилиндрической трубки. Это условіе повѣряется обращеніемъ уровня на линіи ab (Фиг. 52). Если при этомъ пузырекъ постоянно занимаетъ средину уровня, то условіе выполнено; въ противномъ случаѣ уничтожаютъ погрѣшность винтикомъ v . Пусть ab (Фиг.

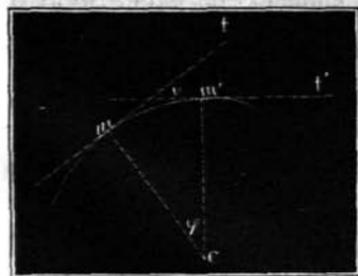
Фиг. 57.



57) основаніе уровня и rr' горизонтальное направленіе его оси; очевидно, что при движеніи линіи cb , ось rr' приметъ положеніе, наклонное къ горизонтальной линіи: при движеніи линіи ab вправо, пузырекъ отойдетъ отъ m къ точкѣ r , а при движеніи влѣво, онъ приблизится къ r' . Если винтикъ v находится при концѣ r уровня, то должно обращеніемъ его, удалить или приблизить конецъ r къ b .

§ 41. Пусть mm' (Фиг. 53) внутренняя кривизна трубки, представляющая дугу круга; положимъ, что уровень вѣренъ, т. е. основаніе ab и касательная mt находятся въ горизонтальномъ положеніи при совмѣщеніи средины пузырька съ точкою m . При наклоненіи оси уровня касательная mt приметъ наклонное положеніе и пузырекъ отойдетъ въ точку m' прямой $m't'$, касательной къ дугѣ. Уголъ v , составляемый прямою mt , а слѣдовательно и основаніемъ ab съ горизонтальною $m't'$, равенъ углу φ , составляемому радіусами mc и $m'c$. При радіусѣ R и длинѣ дуги mm' , равной d , получимъ: дуг. $\varphi = \frac{d}{R}$; отсюда

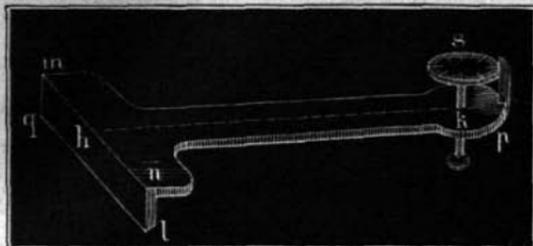
$$v'' = \varphi'' = 206265'' \cdot \frac{d}{R} \text{ (}^* \text{)}. \text{ Изъ этой формулы опре-}$$



(*) Изъ пропорціи: дуга $\varphi : \pi = \varphi^\circ : 180^\circ$ получимъ $\varphi = \frac{\pi \cdot \varphi^\circ}{180^\circ}$; при длинѣ d дуги, содержащей φ секундъ и радіусѣ R, имѣемъ $d = R \cdot \varphi$; отсюда $\varphi = \frac{d}{R}$; слѣдовательно $d = \frac{R \cdot \pi \cdot \varphi''}{180 \cdot 60 \cdot 60}$. Изъ этого равенства опредѣлится $R = \frac{180 \cdot 60 \cdot 60 \cdot d}{\pi \cdot \varphi''} = \frac{180 \cdot 60 \cdot 60 \cdot d}{3,1416 \cdot \varphi''} = 206265'' \cdot \frac{d}{\varphi''}$.

дѣляется въ секундахъ уголъ, составляемый основаніемъ уровня съ горизонтальною линією при отклоненіи пузырька отъ средней черты m на величину дуги mm' .

§ 42. Вообще радіусъ R неизвѣстенъ; для опредѣленія его длины употребляется снарядъ, состоящій изъ металлическаго или деревяннаго бруска mnp (фиг. 59), верхняя поверхность котораго должна быть горизонтальна; къ нему прикрѣпляется часть mnq въ положеніи перпендикулярномъ къ плоскости mnp ; посредствомъ винта S можно поднимать или опускать конецъ p . Если длина прямой hk , перпендикулярной къ линіи mn и заключенной между h и осью винта,



равна L , то по величинѣ H , опредѣляющей число ходовъ винта S , можно найти величину угла ψ наклоенія прямой hk къ горизонтальной линіи; а именно $\text{tang } \psi = \frac{H}{L}$; откуда $\psi'' = 206263'' \cdot \frac{H}{L}$. Пусть уровень поставленъ основаніемъ ab на прямой hk , и обращеніемъ винта S середина пузырька совместилась съ среднею точкою m ; обращеніемъ винта пузырекъ перейдетъ изъ m въ какую-нибудь точку m' ; при этомъ углы, составляемые прямою hk съ горизонтальною линією и основаніемъ ab съ горизонтомъ, равны между собою; а потому изъ предъидущихъ формулъ получимъ

$$\varphi'' = \psi'' = 206263'' \cdot \frac{d}{R} = 206263'' \cdot \frac{H}{L} \text{ или } \frac{d}{R} = \frac{H}{L}; \text{ откуда } R = \frac{d \cdot L}{H}.$$

При $L = 9,73$ дюйма и величинѣ H одного хода винта, равной $0,0318$ дюйма, получимъ уголъ ψ , составляемый прямою hk съ горизонтальною, величина котораго равна $206263'' \cdot \frac{0,0318}{9,73} = 672,74$ секунды. Поставивъ на прямой hk уровень и замѣтивъ, что

пузырекъ отойдетъ отъ середины на 3 дѣленія при $0,6$ одного хода, получимъ для угла $\varphi = 206263'' \cdot \frac{0,0318 \cdot 0,6}{9,73} = \psi'' \cdot 0,6 = 672,74'' \cdot 0,6 = 403,6''$; слѣдовательно при

перемѣщеніи пузырька на одно дѣленіе, уголъ $\varphi = \frac{403,6''}{3} = 80,7''$. Если разстояніе

между чертами уровня равно одной линіи, то по формулѣ $\frac{d}{R} = \frac{H}{L}$ получимъ

$H = 0,6 \cdot 0,0318 = 0,01908$ дюйма и $d = 3$ линіямъ; откуда $R = \frac{9,73}{0,01908} \cdot 3 = 2333$

линіямъ = $21,3$ фута. Чувствительностью уровня называется точность, съ которою опредѣляются малѣйшія измѣненія въ углахъ наклоенія основанія ab . Если R и R' радіусы кривизны двухъ уровней, d и d' части дугъ, перейденныя пузырьками при

однихъ и тѣхъ-же величинахъ H и L , то получимъ $R = \frac{d \cdot L}{H}$ и $R' = \frac{d' \cdot L}{H}$; откуда

$R : R' = \frac{d \cdot L}{H} : \frac{d' \cdot L}{H}$ или $R : R' = d : d'$; слѣдовательно части дугъ пропорціональны

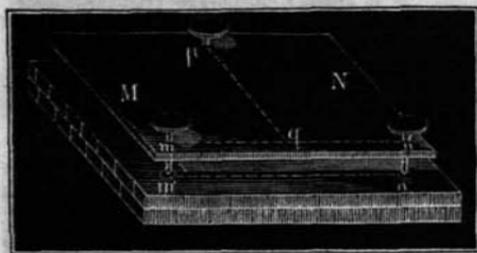
радіусамъ кривизны. При томъ-же измѣненіи угла наклоенія, дуга d увеличивается

тѣмъ болѣе, чѣмъ болѣе ея радіусъ. Слѣдовательно чувствительность уровня зависитъ отъ радіуса кривизны, также отъ тщательной отдѣлки внутренней поверхности трубки. Для узнанія вѣрности ея приводитъ пузырекъ на средину уровня; потомъ, приподнимая рукою одинъ его конецъ, опускаютъ опять уровень; если теперь пузырекъ опять занимаетъ средину, то внутренняя поверхность трубки вѣрна. Степень чувствительности уровня зависитъ отъ цѣли его назначенія.

Степень точности, достигаемая уровнемъ, зависитъ отъ его чувствительности и правильного устройства. Если, на примѣръ каждому изъ дѣленій, означенныхъ на поверхности трубки соответствуетъ уголъ наклопенія, равный одной минутѣ, и если возможно опредѣлить на глазъ $\frac{1}{4}$ дѣленія, то точность уровня простирается до 15 секундъ.

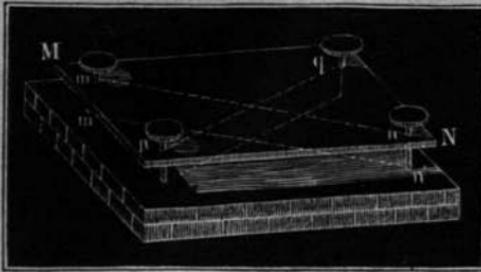
§ 43. Для приведенія плоскости въ горизонтальное положеніе, должно къ ней приспособить винты, посредствомъ которыхъ возможно было-бы измѣнять по произволу ея положеніе; эти винты называются *подъемными*. Полагая, что плоскость лежитъ на трехъ подъемныхъ винтахъ *m, n, p* (фиг. 60)

фиг. 60.



и зная, что положеніе всякой плоскости опредѣляется двумя прямыми линіями, находящимися на ней, соединимъ точки *m* и *n* прямою *mn*; приведемъ *mn* въ горизонтальное положеніе, поставивъ уровень основаніемъ *ab* на линію *mn*. Горизонтальность линіи *mn* получится обращеніемъ одного изъ винтовъ *m* или *n*, или обоихъ вмѣстѣ. Переставивъ уровень на прямой *pq*, перпендикулярной къ *mn* и приведя *pq* въ горизонтальное положеніе обращеніемъ одного винта *p*, получимъ на плоскости *MN* двѣ горизонтальныя линіи *mn* и *pq*, слѣдовательно и горизонтальную плоскость *MN*. При этомъ предполагается, что горизонтальное положеніе линіи *mn* не измѣнилось отъ обращенія винта *p*; но очевидно, что обращеніемъ этого винта, плоскость *MN* вращается около линіи *m'n'*; а потому ея горизонтальность сохранится только тогда, когда линіи *mn* и *m'n'* параллельны между собою. Вообще эта параллельность не существуетъ, а потому положеніе линіи *mn* измѣняется при обращеніи винта *p*. Для точнѣйшаго дѣйствія должно уровень накладывать на линіяхъ *mn* и *pq* нѣсколько разъ до тѣхъ поръ, пока въ обоихъ положеніяхъ его, пузырекъ постоянно будетъ занимать средину. Если

фиг. 61

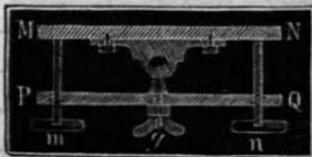


плоскость MN (фиг. 61) лежитъ на четырехъ подъемныхъ винтахъ m, n, p, q , составляющихъ вершины квадрата, диагонали mp и nq котораго взаимно перпендикулярны, то горизонтальность плоскости MN получится приведеніемъ диагоналей mp и

nq въ горизонтальное положеніе. При этомъ также, какъ выше упомянуто, положеніе линіи mn измѣняется отъ приведенія nq въ горизонтальное положеніе, а потому и здѣсь должно повторять дѣйствіе до тѣхъ поръ, пока пузырекъ въ обоихъ положеніяхъ уровня постоянно будетъ находиться на срединѣ его. При этомъ дѣйствіи должно обращать два діагонально расположенные винта m и n или p и q въ одно время въ противныя стороны, для того, чтобы концы всѣхъ четырехъ винтовъ, постоянно лежали на подставкѣ.

§ 44. Во многихъ инструментахъ плоскость, приводимая въ горизонтальное положеніе, находится въ соединеніи съ неподвижною частью; подъемные винты обращаются тогда въ гнѣздахъ, находящихся въ неподвижной части. Обѣ части инструмента соединены между собою винтомъ, оканчивающимся яблокомъ (§ 13); этотъ винтъ называется *становымъ* (фиг. 62). На нижней его конецъ навинчивается гайка g , посредствомъ которой можно по произволу приближать плоскость MN къ части PQ или удалять отъ ней. Приведеніе плоскости MN въ горизонтальное положеніе производится, какъ выше объяснено; при этомъ должно сначала ослаблять становой винтъ.

фиг. 62.



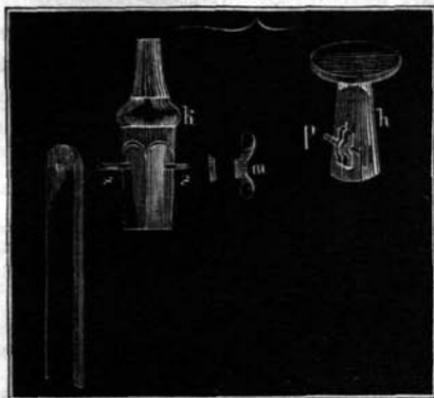
Этотъ винтъ соединяетъ между собою винтомъ, оканчивающимся яблокомъ (§ 13); этотъ винтъ называется *становымъ* (фиг. 62). На нижней его конецъ навинчивается гайка g , посредствомъ которой можно по произволу приближать плоскость MN къ части PQ или удалять отъ ней. Приведеніе плоскости MN въ горизонтальное положеніе производится, какъ выше объяснено; при этомъ должно сначала ослаблять становой винтъ.

§ 45. Точное приведеніе плоскости въ горизонтальное положеніе зависитъ отъ подставки, на которой находится плоскость. Эти подставки называются *штативами*. Всякій штативъ долженъ выполнять слѣдующія условія: 1) составныя его части должны быть устроены такимъ образомъ, чтобы его положеніе не измѣнилось при малыхъ сотрясеніяхъ; 2) онъ долженъ быть соединенъ съ подвижными частями инструмента простѣйшимъ образомъ; 3) онъ долженъ безпре-

пятственно допускать движеніе или вращеніе этихъ частей; и 4) онъ долженъ быть легокъ для переноски и удобенъ при установкѣ.

Простѣйшаго устройства штативъ называется *треногою* (фиг. 63); она состоитъ изъ трехъ деревянныхъ ножекъ, прикрѣпленныхъ винтами *S* къ верхней части *k* штатива. Ослабивъ гайки *m* этихъ винтовъ,

фиг. 63.



возможно вращать ножки. Верхняя часть *k* состоитъ изъ усѣченного конуса, на который насаживается инструментъ, и изъ усѣченной трехсторонней пирамиды, къ гранямъ которой привинчиваются ножки. Ножки дѣлаются снизу заостренными; на оконечности ихъ надѣваются желѣзные наконечники. Къ нижней части инструмента, поставленнаго на треногѣ, прикрѣ-

пляется коническая трубка *h*, состоящая изъ двухъ частей; обращеніемъ винта *p* эти части могутъ по произволу сближаться. Конической трубкою *h* насаживается инструментъ на конусъ *k* и прикрѣпляется къ нему винтомъ *p*.

§ 46. Въ фигурѣ (64) представленъ штативъ, состоящій изъ круглой доски *k*, въ нижней поверхности которой врѣзаны три цилиндрическія углубленія; въ эти углубленія вставляются ножки, окончивающіяся сверху цилиндрами. По направленію осей цилиндровъ просверлены отверстія для пропусканія болтовъ *bb*, проходящихъ

фиг. 64.

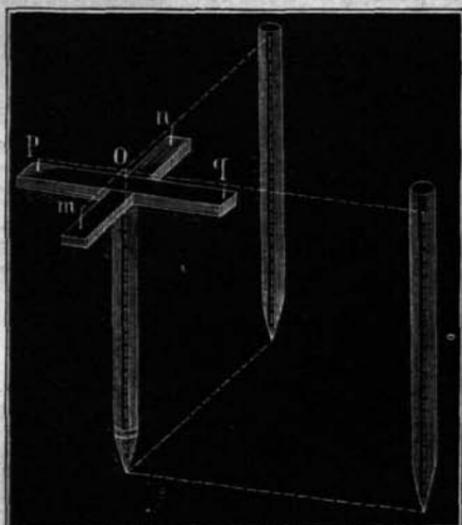


черезъ ушко другаго болта *a*. Болты *a* пропускаются чрезъ отверстія, сдѣланныя въ доскѣ *k*; верхняя ихъ часть наръзана винтомъ для того, чтобы на нее можно было навинчивать гайку *m*. Закрѣпляя эти гайки, ножки прижимаются верхними своими частями къ углубленіямъ доски и слѣдовательно дѣлаются неподвижными; ослабленіемъ гаекъ, ножки могутъ вращаться на болтахъ *bb*. Описанный штативъ изобрѣтенецъ мюнхенскимъ механикомъ Рейхенбахомъ.

§ 47. Приступимъ теперь къ разсмотрѣнiю способовъ опредѣленiя длины линiй, которыя по мѣстнымъ обстоятельствамъ не могутъ быть измѣряемы описаннымъ образомъ. При рѣшенiи подобныхъ вопросовъ весьма часто встрѣчается надобность провѣшивать на мѣстности линiи перпендикулярныя и параллельныя; а потому должно сначала разсмотрѣть производство этого дѣйствiя и инструменты для этого употребляемые.

Для вѣшенiя перпендикулярныхъ и параллельныхъ линiй съ удобствомъ употребляется инструментъ, называемый *эккеромъ*. Онъ состоитъ изъ двухъ планокъ, взаимно перпендикулярныхъ и составляющихъ

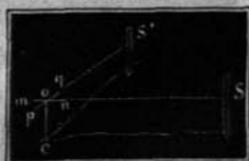
фиг. 65.



крестъ (фиг. 65). На концахъ планокъ прикрѣплены четыре шпилька m, n, p, q такимъ образомъ, чтобы лучъ зрѣнiя, проходящiй чрезъ m и n былъ перпендикуляренъ къ лучу, направленному чрезъ p и q . Этотъ крестъ насаживается своей серединою на коль. Поставивъ коль эккера отвѣсно въ точкѣ C (фиг. 66) мѣстности и въ нѣкоторомъ разстоянiи отъ него два кола S и S' такъ, чтобы S находился въ одной вертикальной плоскости, проходящей чрезъ шпильки

m и n и коль S' въ такой же плоскости, проведенной чрезъ p и q , получимъ прямой уголъ SoS' . Главное условiе, требуемое отъ вѣрнаго эккера состоитъ въ томъ, чтобы прямыя mn и pq были взаимно перпендикулярны. Для повѣрки этого условiя ставятъ, какъ объяснено, два кола S и S' , потомъ обращаютъ эккеръ на коль OC такимъ образомъ, чтобы планка mn приняла положенiе pq и планка pq положенiе mn ; тогда лучъ зрѣнiя, проходящiй чрезъ m и n долженъ пересѣчь коль S' и лучъ, направленный чрезъ p и q пройти чрезъ S . Если же по обращенiи эккера и при наведенiи луча mn на коль S' окажется, что коль S не находится въ одной вертикальной плоскости съ шпильками p и q (фиг. 67), то ставятъ третiй

фиг. 66.



Фиг. 67.



коль S'' ; угол SoS'' выражает удвоенную погрѣшность. При незначительной величинѣ этой погрѣшности можно ее уничтожить, переставляя шпильки. Для опредѣленія на мѣстности посредствомъ невѣрнаго эккера направленія перпендикуляра къ данной линіи OS' , должно, поставивъ эккеръ въ точкѣ O , направить одну пару шпильковъ m и n на коль S' , а по направленію шпильковъ p и q поставить коль S'' ; потомъ обращаютъ эккеръ на колѣ такъ, чтобы шпильки p и q были направлены на S' , а по направленію шпильковъ m и n ставятъ коль S ; сдѣлавъ $OS = OS''$ и поставивъ въ срединѣ SS'' коль S''' , получимъ перпендикуляръ OS''' .

Другаго устройства эккеръ состоитъ изъ пустаго цилиндра, (Ф. 68) высотой отъ 3 — 4 дюймовъ; на поверхности его располагаются диаметрально четыре прорѣза такимъ образомъ, чтобы вертикальная

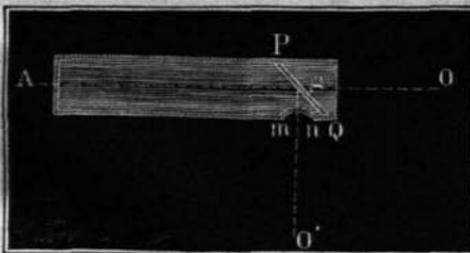
Фиг. 68.



плоскость, проведенная чрезъ два изъ нихъ, была перпендикулярна къ плоскости, проходящей чрезъ другіе два прорѣза. Цилиндръ насаживается на коль трубою, прикрѣпленною къ его основанію. Повѣрка эккера производится, какъ выше объяснено.

§ 48. Точнѣйшаго устройства эккеръ состоитъ изъ металлическаго цилиндра (Фиг. 69), имѣющаго въ одномъ основаніи отверстіе A ; въ цилиндрѣ помѣщается зеркало, составляющее съ осью

Фиг. 69.



цилиндра уголъ въ 45° ; одна половина зеркала соскоблена, а его середина S означена прямою линіею. Въ поверхности цилиндра сдѣлано отверстіе напротивъ самаго зеркала. Глазъ наблюдателя, находящійся въ точкѣ A увидитъ сквозь соскобленную часть зеркала PQ предметъ O и въ то же время въ зеркалѣ отраженіе предмета O' , если только падающій лучъ $O'S$ отразится по направленію оси AS . Очевидно, что предметъ O' долженъ имѣть такое положеніе, чтобы лучи $O'S$ и OS составляли бы прямой уголъ; дѣйствительно $\angle ASP = \angle QSO = 45^\circ$, а потому $\angle O'SQ + \angle QSO = \angle OSO' = 90^\circ$. Если точка C представляетъ

фиг. 70.



основаніе перпендикуляра, возставленнаго къ линіи ОС, то должно поставить инструментъ точкою S (фиг. 70) отвѣсно надъ С и линію AS наводить на предметъ О. Потомъ ставятъ колъ О' напротивъ отверстія *mn* такъ, чтобы онъ отразился въ срединѣ зеркала, т. е. чтобы предметъ О казался находящимся съ изображеніемъ кола О' на одной прямой. Точность инструмента повѣряется слѣдующимъ образомъ: поставивъ инструментъ точкою S отвѣсно надъ какою-нибудь точкою С мѣстности, наводятъ AS на ясно

фиг. 71.



видимый предметъ О (фиг. 71); противъ отверстія *mn* ставятъ колъ О'; обративъ цилиндръ такъ, чтобы отверстіе *mn* находилось по другую сторону линіи АО, ставятъ другой колъ О'', видимый въ зеркалѣ. При вѣрномъ устройствѣ инструмента $\angle OSO' = OSO'' = 90^\circ$ и $\angle OSO' + \angle OSO'' = 180^\circ$ и слѣдовательно линіи O'S и O''S должны составлять прямую. Поставивъ въ точкѣ С колъ О''', получимъ вертикальную плоскость, означенную кольями О'О'', О'''. Если послѣднее условіе не выполняется, то положеніе зеркала невѣрно. Пусть уголъ наклоненія зеркала къ оси цилиндра равенъ α (фиг. 72); тогда

$\angle OSO' = 2\alpha$, откуда $\alpha = \frac{1}{2}\angle OSO'$; слѣдовательно $\angle \alpha >$ или $< 45^\circ$,

фиг. 72.



смотря потому будетъ-ли $\angle OSO' >$ или $< 90^\circ$. Изъ взаимнаго положенія точекъ О, О', О'' и S выводится, что $\angle OSO' >$ или $< 90^\circ$ и слѣдовательно узнается будетъ-ли $\angle \alpha >$ или $< 45^\circ$. Въ слѣдствіе этого должно измѣ-

нить положеніе зеркала обращеніемъ винтиковъ, находящихся на поверхности цилиндра. Чтобы провѣсить чрезъ точку С (фиг. 73), находящуюся внѣ линіи АВ, прямую къ ней перпендикулярную, должно поставить между точками А и В колъ D; ставъ съ инструментомъ

фиг. 73.



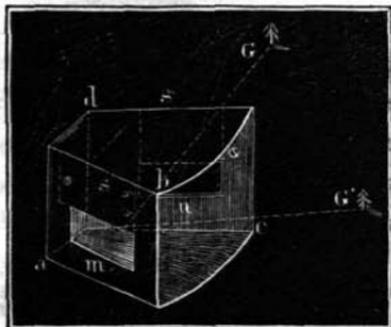
на линіи АВ такъ, чтобы его отверстіе было обращено къ точкѣ С, наводятъ лучъ зрѣнія чрезъ зеркало на колъ D такъ, чтобы онъ казался покрывающимъ предметъ В. Приближаясь отъ точки А къ D по линіи АВ, должно остановиться въ такой точкѣ Е, гдѣ подъ коломъ D покажется въ зеркалѣ изображеніе кола С. Эта точка Е есть основаніе перпендикуляра.

Точность, достигаемая этимъ инструментомъ, зависитъ отъ точнаго

приведенія предмета O и изображенія предмета O' (см. фиг. 70) въ совмѣщеніе.

§ 49. Другаго устройства зеркальный эскеръ состоитъ изъ металлической призмы (фиг. 74); часть bc остается открытою, въ стѣнкахъ

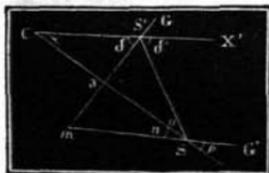
фиг. 74.



ab и cd прорѣзаны четырехугольныя отверстія m и n и къ внутреннимъ поверхностямъ стѣнокъ прикрѣплены зеркала S и S' . Если глазъ наблюдателя находится у отверстія m , то онъ увидитъ чрезъ оба отверстія предметъ G и въ то-же время въ зеркалѣ S' находящемся надъ n , другое зеркало S . Если предметъ G' , находящійся напротивъ откры-

той стороны bc , отразится въ зеркалѣ S такъ, что его изображеніе покажется въ зеркалѣ S' надъ предметомъ G , то уголъ GmG' долженъ равняться удвоенному углу, составляемому плоскостями ab и cd , полагая, что въ точкѣ m находится глазъ. Последнее предположеніе объясняется слѣдующимъ образомъ; пусть S и S' два зеркала (ф. 75),

фиг. 75.



уголъ ихъ наклоненія SCS' равенъ φ ; падающій лучъ $G'S$ отражается отъ зеркала S по направленію SS' , а отъ зеркала S' по линіи $S'm$; тогда изъ треугольника $CS'a$ будетъ $\angle \varphi + \angle \vartheta = \angle SaS'$, изъ треугольника maS получимъ $\angle m + \angle n =$

$\angle SaS'$, слѣдовательно $\angle \varphi + \angle \vartheta = \angle m + \angle n$ (I); наконецъ изъ треугольника CSS' будетъ $\angle \varphi + \angle \rho = \angle \vartheta'$ но уголъ ϑ' паденія равенъ углу ϑ отраженія, а также $\angle \rho = \angle \sigma = \angle n$; потому будетъ $\angle \vartheta = \angle \varphi + \angle n$; вычитая последнее равенство изъ управленія (I), получимъ $\angle \varphi + \angle \vartheta - \angle \vartheta = \angle m + \angle n - \angle \varphi - \angle n$ или $\angle \varphi = \angle m - \angle \rho$ или $\angle m = 2 \angle \varphi$.

При употребленіи инструмента глазъ наблюдателя видитъ въ точкѣ m (фиг. 74), кромѣ изображенія предмета G' , еще предметъ G ; слѣдовательно лучъ зрѣнія mG и вторично отраженный лучъ $S'm$ сливаются въ одну линію. При углѣ φ наклоненія зеркалъ, равномъ 45° , уголъ GmG' равенъ 90° .

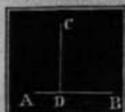
§ 50. Если изъ точки C должно къ линіи CG возставить перпендикуляръ (фиг. 76), то ставятъ инструментъ точкою m отвѣсно надъ

фиг. 76.



С и чрезъ отверстія m и n смотрятъ на колъ G , въ то-же время помощникъ ставитъ виѣ линіи CG колъ G' такимъ образомъ, чтобы изображеніе его находилось въ зеркалѣ S' надъ коломъ G .

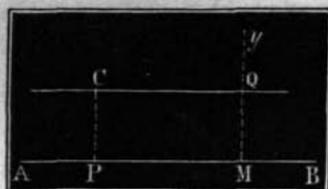
фиг. 77.



Чтобы опустить изъ точки C перпендикуляръ на линію AB (ф. 77), должно направить лучъ зрѣнія чрезъ m и n на колъ B , потомъ перемѣщать инструментъ на линіи AB до тѣхъ поръ, пока въ какой-нибудь точкѣ D линіи AB , изображеніе кола C покажется въ зеркалѣ S' надъ коломъ B .

§ 51. Параллельныя линіи провѣшиваются слѣдующимъ образомъ:

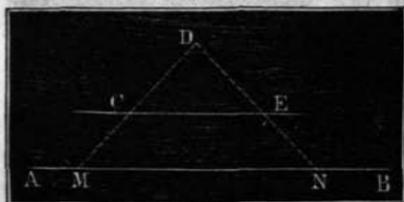
фиг. 78.



1) Изъ точки P (фиг. 78) данной линіи AB возставляютъ перпендикуляръ PC и изъ точки M перпендикуляръ Mq , дѣлаютъ $MQ = PC$; тогда линія CQ параллельна къ AB .

2) Возставивъ изъ P перпендикуляръ CP (фиг. 78) и изъ C перпендикуляръ CQ къ линіи CP , получаютъ линію CQ , параллельную къ AB .

фиг. 79.



3) Пусть M и N (фиг. 79), точки данной линіи AB ; провѣсивъ чрезъ M и C прямую MD и сдѣлавъ $CD = \frac{1}{n} \cdot DM$, получаютъ точку D ; провѣсивъ прямую DN и сдѣлавъ $DE = \frac{1}{n} \cdot DN$,

получаютъ точку E и линію CE , параллельную къ AB , ибо $MD : CD = ND : DE$.

4) Если на мѣстности видна какая-нибудь отдаленная точка M (фиг. 80) находящаяся на продолженіи линіи AB , то, взявъ на CM точку Q , получится линія CQ , принимаемая параллельною къ AB . Это предположеніе тѣмъ точнѣе, чѣмъ ближе C къ AB и чѣмъ далѣе M отъ AB .

фиг. 80.



Для отысканія разности между линією CQ и истинной параллельною CQ' , воображаютъ изъ C и Q' перпендикуляры CP и BQ' опущенными на линію AB ; полагая $PC = a$, $PB = CQ' = d$, $PM = D$ и $QQ' = x$, получимъ изъ подобныхъ треугольниковъ CQQ' и PCM пропорцію $D : a = d : x$; откуда $x = \frac{ad}{D} = d \cdot \frac{a}{D} \dots (m)$. Изъ треугольника CQQ' будетъ $CQ^2 = d^2 + x^2 = d^2 \left(1 + \frac{a^2}{D^2}\right)$; откуда $CQ = d \left(1 + \frac{a^2}{D^2}\right)^{\frac{1}{2}} = d \left(1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{a^2}{D^2} - \frac{1}{8} \cdot \frac{a^4}{D^4} + \dots\right)$

или, по малой величинѣ дроби $\frac{a}{D}$ будетъ $CQ = d \left(1 + \frac{1}{2} \frac{a^2}{D^2} \right)$; но $CQ' = d$, следовательно $CQ - CQ' = \frac{d}{2} \cdot \frac{a^2}{D^2} \dots (n)$. Уравненія (m) и (n) показываютъ, что разность x перпендикуляровъ болѣе разности прямыхъ CQ и CQ' и следовательно если перпендикуляры PC и BQ входятъ въ рѣшеніе какаго-нибудь вопроса, то они могутъ быть допущены только при малыхъ величинахъ a и d .

§ 52. Разсмотрѣвъ способы вѣшенія перпендикулярныхъ и параллельныхъ линій, приступимъ къ рѣшенію вопросовъ, относящихся къ отысканію длины линіи.

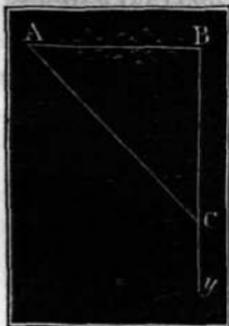
1) *Определить длину линіи АВ, когда только точки А и В приступны, но мѣстность позволяетъ визировать изъ А на В и изъ В на А.* (Ф. 81).

Фиг. 81.



РѢШЕНІЕ I. Изъ точекъ А и В возставляютъ перпендикуляры AC и BD къ линіи AB и дѣлаютъ $AC = BD$; тогда прямая, провѣшенная между точками C и D , равна AB . Измѣривъ CD цѣпью, получимъ длину данной линіи AB .

Фиг. 82.



РѢШЕНІЕ II. Возставивъ изъ точки В къ линіи AB перпендикуляръ Bu (Фиг. 82), измѣряютъ цѣпью произвольную его часть BC и линію AC , провѣшенную между точками А и С; изъ треугольника ABC получимъ $AB = \sqrt{AC^2 - BC^2}$.

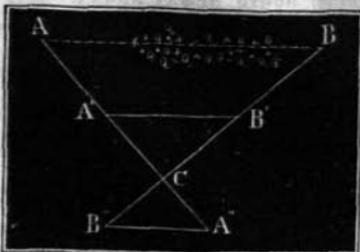
2) *Найти длину линіи АВ, когда ея оконечности доступны, но нельзя визировать изъ А на В и изъ В на А.*

Фиг. 83.



РѢШЕНІЕ I. Провѣшивъ линію AX (Фиг. 83) и опустивъ на нее изъ В перпендикуляръ BC , измѣряютъ цѣпью линіи AC и BC ; тогда $AB = \sqrt{AC^2 + BC^2}$.

Фиг. 84.

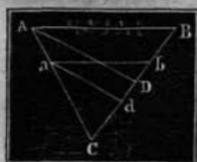


РѢШЕНІЕ II. Избравъ точку С (Фиг. 84), изъ которой видны точки А и В, измѣряютъ AC и BC и дѣлаютъ $A'C = \frac{1}{n} \cdot AC$ и $B'C = \frac{1}{n} \cdot BC$; тогда треугольникъ $A'B'C$ подобенъ треугольнику ABC , а потому $A'B' = \frac{1}{n} \cdot AB$. Если мѣстность не дозво-

ляютъ измѣрить линію $A'B'$, то выбираютъ точки A'' и B'' на продолженіяхъ AC и BC такъ, чтобы $A''C = \frac{1}{n} \cdot AC$ и $B''C = \frac{1}{n} \cdot BC$; откуда получится $AB = n \cdot A''B''$.

Рѣшеніе III. Избравъ точку C такъ (фиг. 85), чтобы разстоянія AC и BC можно было измѣрить, ставятъ на прямой BC

фиг. 85.



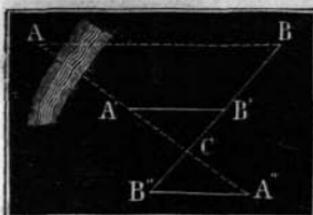
колы D и измѣряютъ линіи AD и CD . Отъ точки C откладываютъ части $aC = \frac{1}{n} \cdot AC$ и $cd = \frac{1}{n} \cdot CD$; наконецъ откладываютъ $bd = \frac{1}{n} \cdot CD$. Полученный тре-

угольникъ abC подобенъ треугольнику ABC , а потому $ab = \frac{1}{n} \cdot AB$.

3) Найти длину линіи AB , когда одна только точка B доступна, притомъ можно визировать изъ B на A .

Рѣшеніе I. Избравъ такую точку C (фиг. 86), изъ которой были бы видны точки A и B и возможно было бы

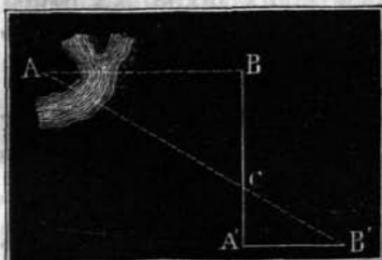
фиг. 86.



измѣрить разстояніе CB , откладываютъ часть $C'B' = \frac{1}{n} \cdot CB$ и чрезъ B' провѣшиваютъ линію $A'B'$ параллельно къ AB ; тогда $A'B' = \frac{1}{n} \cdot AB$.

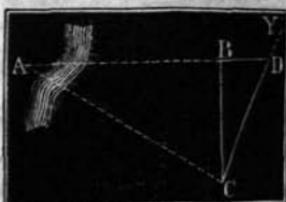
Очевидно, что и здѣсь должно откладыватьъ части $A''C$ и $B''C$ на продолженныя линіяхъ AC и BC , если мѣстность не дозволяетъ измѣрить линію $A'B'$.

фиг. 87.



Рѣшеніе II. Возставивъ изъ B (фиг. 87) перпендикуляръ къ линіи AB и сдѣлавъ $CA' = \frac{1}{n} \cdot CB$, провѣшиваютъ AB' ; изъ B' опускаютъ перпендикуляръ $A'B'$ на линію $A'B$; тогда $AB = n \cdot A'B'$.

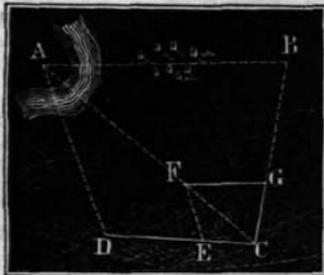
фиг. 88.



Рѣшеніе III. Возставивъ (ф. 88) перпендикуляръ BC къ линіи AB и перпендикуляръ CD къ линіи AC , получимъ изъ треугольника ACD : $\overline{BC}^2 = AB \cdot BD$, откуда $AB = \frac{\overline{BC}^2}{BD}$. По измѣреніи линій BC и BD опредѣлится длина AB .

4) Нйти длину линии АВ, когда одна оконечность доступна, но из А нельзя визировать на В и из В на А.

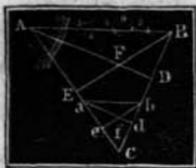
фиг. 89.



РѢШЕНИЕ I. Провѣсивъ произвольную линію CD такъ (фиг. 89), чтобы разстояніе BC можно было измѣрить и изъ С визировать на точку А, дѣлаютъ $CE = \frac{1}{n}$. CD и провѣшиваютъ EF параллельно къ AD; тогда $CF = \frac{1}{n}$. AC. Сдѣлавъ $CG = \frac{1}{n}$. BC, получаютъ треугольникъ CFG, подобный треугольнику ABC, а потому $FG = \frac{1}{n}$. АВ и слѣдовательно $AB = n \cdot FG$.

РѢШЕНИЕ II. Избравъ такую точку С (фиг. 90), изъ которой видны точки А и В и чтобы ВС возможно было измѣрить, провѣшиваютъ линіи AD и BE чрезъ точки D и E, находящіяся на линіяхъ BC и AC и опредѣляютъ на мѣстности точку F ихъ пересѣченія.

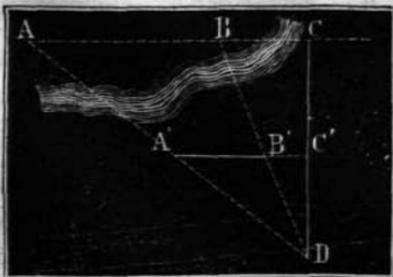
фиг. 90.



Измѣривъ стороны треугольника BCE и линіи EF и CD, дѣлаютъ $Cb = \frac{1}{n}$. CB, $eC = \frac{1}{n}$. EC и $eb = \frac{1}{n}$. EB. Отложивъ $Cd = \frac{1}{n}$. CD и $ef = \frac{1}{n}$. EF, получаютъ точку a пересѣченія линіи aC и ad. По измѣреніи линіи ab будетъ $AB = n \cdot ab$.

5) Нйти длину АВ, когда оконечности непрístupны, но возможно визировать по направленію этой линіи. (фиг. 91).

фиг. 91.



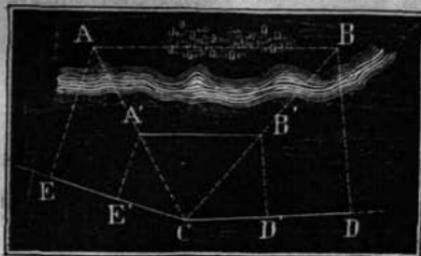
РѢШЕНИЕ. Избравъ на продолженіи линіи АВ такую точку С, изъ которой возможно было-бы возставить перпендикуляръ CD ставить колъ D такъ, чтобы изъ-за него видны были точки А и В. Сдѣлавъ $C'D = \frac{1}{n}$ CD, возставляютъ изъ С' перпендикуляръ А'С';

опредѣливъ точки А' и В' пересѣченія, получаютъ треугольникъ А'В'Д, подобный треугольнику АВD; а потому $AB = n \cdot A'B'$.

6) Найти расстояние АВ, когда оконечности непреступны и нельзя визировать по направлению этой линии.

РѢШЕНІЕ I. Избравъ точку С (Фиг. 92), изъ которой видны точки А и В и провѣсивъ АС и ВС и произвольныя линіи CD и CE, опускаютъ изъ точекъ А и В перпендикуляры АЕ и ВD. Сдѣлавъ $CD' = \frac{1}{n} \cdot CD$ и $CE' = \frac{1}{n} \cdot CE$, возставляютъ

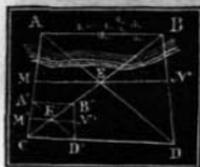
фиг. 92.



изъ E' и D' перпендикуляры A'E' и B'D'; тогда $CB' = \frac{1}{n} \cdot CB$ и $CA' = \frac{1}{n} \cdot CA$ и слѣдовательно $A'B' = \frac{1}{n} \cdot AB$.

РѢШЕНІЕ II. Провѣсивъ произвольную линію CD (Фиг. 93) такъ, чтобы изъ точекъ С и D были видны точки А и В, опредѣляютъ точку E пересѣченія линій AD и BC. Чрезъ E провѣшиваютъ произвольную линію MN и опредѣляютъ точки M и N ея пересѣченія съ линіями АС и ВD. Измѣривъ линіи ME, MC, CE и EN, ND, ED, дѣлаютъ $CE' = \frac{1}{n} \cdot CE$, $CM' = \frac{1}{n} \cdot CM$ и на продолженіи M'E' откладываютъ $E'N' = \frac{1}{n} \cdot EN$. Чрезъ N' провѣшиваютъ N'D' параллельно къ ND и опредѣляютъ точку D' пересѣченія линіи CD съ N'D'. Продолживъ линіи D'N' и D'E' до пересѣченія съ линіями BC и AC, получаютъ точки A' и B', расстояние A'B' которыхъ равно $\frac{1}{n} \cdot AB$.

фиг. 93.

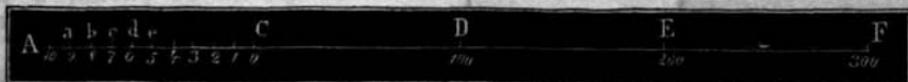


§ 53. О масштабѣ. Линіи, ограничивающія какую-нибудь фигуру мѣстности и измѣренныя однимъ изъ упомянутыхъ способовъ, должно наносить на бумагу такимъ образомъ, чтобы получилось изображеніе фигуры въ уменьшенномъ видѣ. Чтобы полученная на бумагѣ фигура была подобна находящейся на землѣ, должно всѣ линіи мѣстности представить уменьшенными въ одинаковое число разъ. Если на бумагѣ вмѣсто длины линіи АВ, находящейся на мѣстности нанесена прямая ab , равная $\frac{1}{n}$ линіи АВ, то изъ отношенія прямыхъ АВ и ab можно опредѣлить длину, представляющую на планѣ изображе-

не одной сажени; въ самомъ дѣлѣ АВ: $ab = 1$ саж.: x , откуда $x = \frac{ab}{AB}$; но $ab = \frac{1}{n}$. АВ, слѣдовательно $x = \frac{1}{n}$. И такъ всякая линія, составляющая на планѣ n -ую часть сажени, соответствуетъ одной сажени на мѣстности; при $n = 84$ получимъ $x = \frac{1}{84}$, т. е. 84-ая часть сажени представляетъ на бумагѣ длину одной сажени мѣстности, т. е. дюймъ принимается равнымъ одной сажени. Дроби $\frac{1}{n}, \frac{1}{84} \dots$ называются *масштабомъ*.

Чтобы возможно было на бумагѣ откладывать длины, измѣренныя на мѣстности, уменьшенными въ одинакое число разъ, проводятъ на бумагѣ прямую АГ и откладываютъ на ней части АС, СD ..., равныя извѣстной длинѣ, на примѣръ дюйму или вершку и принимаютъ, что каждая часть содержитъ одну или нѣсколько такихъ единицъ, которыми на мѣстности измѣрены линіи. Эти построенія называются также *масштабами*. Сообразно съ точностью изображенія, масштабы чертятся двоякимъ образомъ: на прямой АГ (фиг. 94) откладываютъ части АС, СD ... равныя одному дюйму; полагая что

фиг. 94.

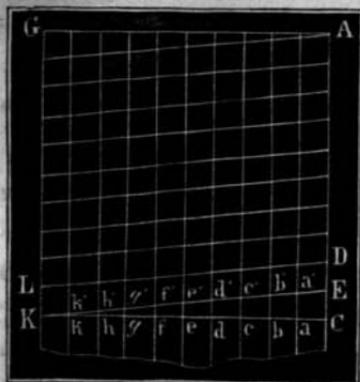


каждая линія на мѣстности изображается на бумагѣ, уменьшеною въ $\frac{1}{8400}$, должно на бумагѣ принимать одну сажень мѣстности равною $\frac{1}{8400}$ сажени; но $\frac{1}{8400}$ сажени $= \frac{84}{8400}$ дюйма $= 0,01$ дюйма, т. е. истинная величина сажени выразится на бумагѣ 0,01 истиннаго дюйма или 100 сажень выразятся однимъ дюймомъ. Раздѣляя каждую часть АС, СD ... на 10 равныхъ частей, получимъ десятые доли дюйма. Такъ какъ каждый дюймъ выражаетъ 100 сажень, то каждая частица Аа, аb ... изобразить 10 сажень. Для нанесенія на бумагу линіи, длина которой на мѣстности равна на примѣръ 260 сажень, ставятъ одну ножку циркуля въ точкѣ Е, надъ которой написано 200, а другую въ точкѣ, означенной цифрою 6. Раствореніе ножекъ циркуля выражаетъ длину линіи въ 260 сажень, уменьшенную

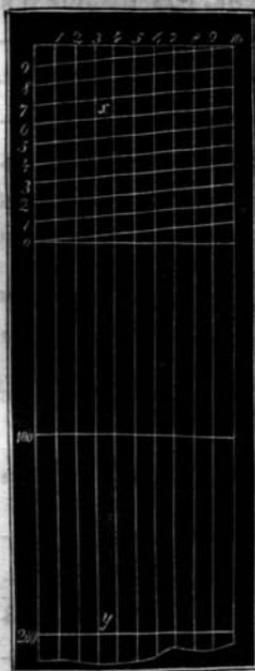
въ $\frac{1}{8400}$ настоящей ея длины. По этому масштабу возможно съ точностью откладывать длины, соответствующія 10 саженимъ на мѣстности; а потому подобный масштабъ, называемый *линейнымъ*, употребляется только въ тѣхъ случаяхъ, когда не требуется большой точности.

§ 54. Для откладыванія на планѣ мелкихъ частей измѣряемыхъ линій употребляется другаго рода масштабъ, называемый *поперечнымъ*. Онъ

фиг. 95.



фиг. 96.



составляется слѣдующимъ образомъ: проведя линію АВ (фиг. 95) и отложивъ на ней части АС, СН, ... равныя каждой одному дюйму, возсталяютъ изъ точекъ А, С, Н ... перпендикуляры; по отложеніи на перпендикулярахъ 10 равныхъ частей, проводятъ чрезъ точки а, б, с ... линіи, параллельныя къ АС. Части АС и GK крайнихъ параллельныхъ линій между первыми двумя перпендикулярами АГ и СК раздѣляютъ также на 10 равныхъ частей и проводятъ наклонныя ЕК, DL ..., параллельныя между собою. Крайнія наклонныя образуютъ съ перпендикулярами подобныя треугольники СКЕ, аKa', bKb', cKc' и т. д. Полагая, что АС соответствуетъ 100 саженимъ и зная, что части СЕ, ЕД ... равны $\frac{1}{10}$. 100 саж. = 10 саж., получимъ изъ этихъ треугольниковъ слѣдующія пропорціи:

$$СЕ : СК = aa' : aK \text{ или } \frac{1}{10} : \frac{10}{10} = aa' : \frac{9}{10}, \text{ отсюда}$$

$$aa' = 0,09; СЕ : СК = bb' : bK \text{ или } \frac{1}{10} : \frac{10}{10} = bb' : \frac{8}{10},$$

откуда $bb' = 0,08$; такимъ-же образомъ найдемъ, что $cc' = 0,07$, $dd' = 0,06$, $ee' = 0,05$, $ff' = 0,04$, $gg' = 0,03$, $hh' = 0,02$, $kk' = 0,01$.

На второмъ перпендикулярѣ ставятъ 0 (фиг. 96), отъ нуля къ верху

при послѣдовательныхъ наклонныхъ числа 1, 2 ... 9, а къ низу у втораго перпендикуляра 100, у третьяго 200 и т. д.; параллельныя означаются цифрами 1, 2, 3 ... По этому масштабу сотни сажени откладываютъ циркулемъ отъ втораго перпендикуляра внизъ, а десятки и единицы вверхъ; такъ на примѣръ для отложенія линіи длиною въ 263 сажени, ставятъ одну ножку циркуля въ точкѣ y пересѣченія перпендикуляра, означеннаго чрезъ 200, съ параллельною, означенною чрезъ 3; другая ножка ставится въ точкѣ x пересѣченія тойже параллельной съ наклонною, означенною чрезъ 6. Разстояніе xy означаетъ по масштабу линію, равную на мѣстности 263 саженямъ. Поперечный масштабъ, опредѣляющій сотыя доли дюйма, называется *сотеннымъ*.

Зная, что дюймъ соотвѣтствуетъ 100 саженямъ, получимъ для длины линій въ 47, 4, 156 и 1025 сажень соотвѣтствующее по масштабу число дюймовъ раздѣленіемъ данныхъ чиселъ на 100, а именно 0,47; 0,04; 1,56; 10,25; дѣйствительно изъ пропорціи $100^{\text{д}} : 47^{\text{с}} = 1^{\text{д}} : x^{\text{д}}$ получимъ $x = 0,47^{\text{д}}$. Чѣмъ болѣе число сажень, принимаемыхъ въ дюймѣ масштаба, тѣмъ меньшею частью выражается каждая сажень; на оборотъ чѣмъ менѣе число сажень, содержащихся въ дюймѣ масштаба, тѣмъ болѣею частью дюйма выражается каждая сажень; потому называютъ тотъ масштабъ болѣшимъ, дюймъ котораго содержитъ мѣншее число сажень — мѣншимъ-же тотъ, котораго дюймъ содержитъ болѣе число сажень; такъ на примѣръ масштабъ въ 100 сажень менѣе масштаба въ 50 сажень, а масштабъ въ 400 сажень менѣе масштаба въ 200 сажень.

Весьма часто встрѣчается необходимость опредѣлять по данному дробному масштабу число сажень, принимаемыхъ въ дюймѣ; такъ на примѣръ, если планъ составленъ по масштабу $\frac{1}{n}$, то это значитъ, что сажень на мѣстности равна $\frac{1}{n}$ сажени на планѣ или n сажень на мѣстности равны 1 сажени на планѣ; а потому 84 дюйма соотвѣтствуютъ n саженямъ на мѣстности и слѣдовательно дюймъ равенъ $\frac{n}{84}$ сажени, т. е. для опредѣленія числа сажень въ дюймѣ должно знаменателя n раздѣлить на 84. На оборотъ: по данному числу сажень въ

дюймѣ опредѣлить дробный масштабъ. Если въ дюймѣ n сажень или 84. n дюймовъ, то каждый дюймъ представится на планѣ уменьшеннымъ въ 84. n разъ или дюймъ на планѣ равенъ $\frac{1}{84. n}$ истиннаго дюйма.

Чѣмъ больше масштабъ, тѣмъ болѣе линій можно нанести на планъ; на примѣръ при масштабѣ въ 100 сажень можно выразить на планѣ длины въ 1 сажень, а при 200 саженьхъ въ дюймѣ съ точностью наносятся длины, которыя не менѣе 2 сажень. Значитъ, чѣмъ болѣе масштабъ, тѣмъ съ болѣею точностью получается изображеніе мѣстности.

Планы, сообразно ихъ цѣли назначенія, чертятся въ различныхъ масштабахъ.

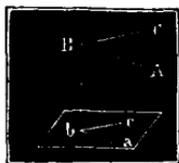
ОТДѢЛЪ III.

ИЗМѢРЕНІЕ УГЛОВЪ НА МѢСТНОСТИ.

§ 55. Чтобы построить на бумагѣ фигуру, подобную горизонтальной проекціи фигуры на мѣстности, должно опредѣлить (§ 5), кромѣ проекцій ея сторонъ, также величины угловъ ими составляемыхъ.

фиг. 97.

Изображеніе abc (фиг. 97) на горизонтальной плоскости угла ABC , даннаго на мѣстности, называется *горизонтальною его проекціею*; она получается проектированіемъ его сторонъ на горизонтальную плоскость.



Углы на мѣстности могутъ быть составлены двумя провѣшенными и пересѣкающимися линіями или образуются лучами зрѣнія, направленными изъ одной точки на два предмета. Смотря по положенію плоскости, проходящей чрезъ стороны угла, онъ получаетъ слѣдующія названія: горизонтальный, вертикальный и наклонный. Если одна сторона вертикальнаго угла находится въ горизонтальномъ положеніи, то уголъ называется *уголомъ возвышенія* или *пониженія*, такъ на примѣръ покатость горы составляетъ съ горизонтальною плоскостью, проходящею чрезъ подошву горы, уголъ возвышенія; если-же горизонтальная плоскость умственно проведена чрезъ вершину горы, то уголъ, составляемый покатостью, называется *уголомъ пониженія*. Измѣреніе угловъ производится инструментами, которые вообще называются *угольными*. Они бываютъ: 1) опредѣляющіе величины горизонтальныхъ проекцій угловъ въ градусахъ; и 2) дающіе графически углы на горизонтальной плоскости.

Устройство инструментовъ, опредѣляющихъ углы въ градусахъ, бываетъ различно, но вообще оно основывается на слѣдующемъ геометрическомъ началѣ: если чрезъ три точки A' , B' , C' (фиг. 98) про-

фиг. 98.



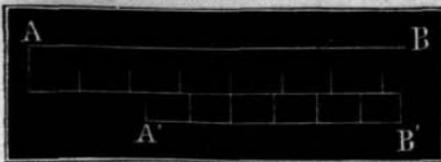
вести двѣ пересѣкающіяся вертикальныя плоскости P и P' , то уголъ ими составляемый измѣряется угломъ ABC , находящимся въ горизонтальной плоскости. Помѣстивъ между сторонами AB и BC дугу круга, раздѣленную на градусы, получимъ величину угла ABC , служащаго горизонтальною проекціею угла $A'B'C'$. Отсюда слѣдуетъ, что для опредѣленія горизонтальныхъ проекцій угловъ, дол-

жно имѣть кругъ, раздѣленный на градусы и части градусовъ; этотъ кругъ называется *лимбомъ*. Онъ долженъ быть такъ устроенъ, чтобы возможно было: 1) помѣстить его центръ на вертикальной линіи, проходящей чрезъ вершину угла мѣстности; и 2) привести его плоскость въ горизонтальное положеніе. Для опредѣленія на лимбѣ направленія сторонъ угла ABC употребляется линейка, называемая *алидадою* и свободно вращающаяся на вертикальной оси, проходящей чрезъ центръ лимба. Для точнѣйшаго опредѣленія направленій AB и BC прикрѣплены къ концамъ алидады діоптры (§ 22) или къ ея срединѣ зрительная труба (§ 23). На одномъ концѣ алидады по направленію прямой пересѣченія верхней ея поверхности съ колимаціонной плоскостью (§ 28) означена черта, называемая *показателемъ* или *индексомъ*. Во многихъ инструментахъ алидадная линейка замѣнена кругомъ, который называется *алидаднымъ*.

§ 56. Для опредѣленія мелкихъ частей градуса, содержащихся въ измѣряемомъ углѣ, употребляется особое построеніе, называемое *верньеромъ*; устройство его основывается на слѣдующемъ началѣ:

Представимъ себѣ линейку $A'B'$, (фиг. 99) имѣющую движеніе по краю линейки AB ; на верхней поверхности линеекъ означены дѣленія такимъ образомъ, чтобы длина, занимаемая n дѣленіями линеечки $A'B'$, равнялась длинѣ, заключающей

фиг. 99.



($n + 1$) или ($n - 1$) дѣленій линейки AB . Означая чрезъ a ширину дѣленія линейки и чрезъ b ширину дѣленія линеечки, получимъ

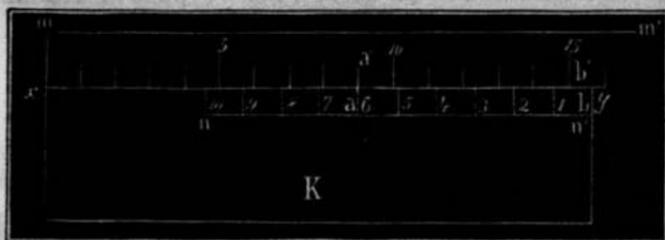
$nb = (n \pm 1) a$, откуда $b = \frac{(n \pm 1) a}{n} = a \pm \frac{a}{n}$. Линеечка $A'B'$ на-

зывается *верньеромъ*. Разность между однимъ дѣленіемъ линейки AB и дѣленіемъ верньера называется *точностью верньера*; въ рассмотрен-

ныхъ случаевъ точность равна $\frac{a}{n}$. Разность между двумя дѣленіями линейки АВ и верньера равна $2 \cdot \frac{a}{n}$, между тремя равна $3 \cdot \frac{a}{n}$ и вообще между p дѣленіями она будетъ $p \cdot \frac{a}{n}$.

Употребленіе верньера объясняется слѣдующими примѣрами: положимъ, что mm' (фиг. 100) представляетъ линейку, на которой озна-

фиг. 100.

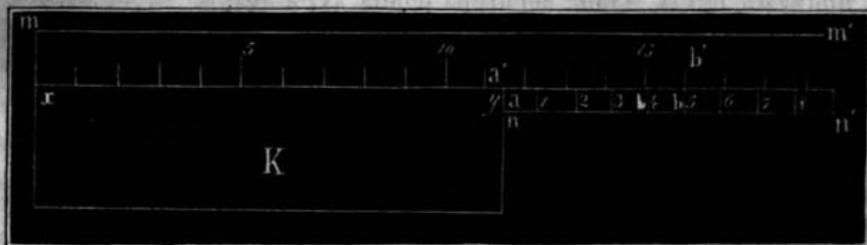


чены дѣленія, mm' верньеръ, и xu сторона прямоугольника К, длину которой требуется определить. Прикладываютъ край линейки

къ измѣряемой линіи такимъ образомъ, чтобы ея нулевая черта пришлась противъ начальной точки x , а нулевая черта верньера противъ конечной точки y той-же линіи. Здѣсь длина измѣряемой линіи содержитъ 15 дѣленій линейки и часть 16-го дѣленія; эта часть определяется посредствомъ верньера. Для этого замѣчаютъ черту верньера, совмѣщающуюся съ чертою линейки, а также число дѣленій верньера, находящихся между нулемъ и замѣчанной чертою верньера. Если это число дѣленій равно p , то разность между p дѣленіями верньера и соответствующими p дѣленіями линейки равна искомой части; т. е. если p дѣленій верньера составляютъ прямую ab , а p дѣленій линейки прямую $a'b'$, то $ab - a'b'$ равно искомой части bb' . Принимая точность верньера равною $\frac{a}{n}$, получимъ $bb' = p \cdot \frac{a}{n}$. При $p = 6$, т. е. когда шестая черта верньера совмѣщается съ чертою линейки, узнаемъ, что нуль верньера отстоитъ отъ 15-го дѣленія линейки на $6 \cdot \frac{a}{n}$ и слѣдовательно длина измѣряемой линіи равна $15a + 6 \cdot \frac{a}{n}$. Принимая часть a равною дюйму и 11 частей линейки равными 10 частямъ верньера, имѣемъ $n = 10$, $\frac{a}{n} = 0,1$ дюйм. = 1 линіи и слѣдовательно $xu = 15$ дюйм. + 6 лин.

Если n дѣлений верньера равны $(n + 1)$ дѣленіямъ линейки и на линейкѣ они означены отъ лѣвой руки къ правой, то на верньерѣ они означаются справа на лѣво (фиг. 101). На верньерахъ, n частей которыхъ равны $(n - 1)$ частямъ линейки, расположены дѣленія въ ту же сторону съ дѣленіями на линейкѣ.

фиг. 101.

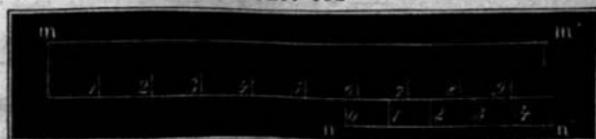


При измѣреніи линіи (фиг. 101) прикладываютъ линейку къ крайней точкѣ, а нуль верньера совмѣщаютъ съ другой крайней точкою прямой xy . Длина искомой линіи равна 11 дѣленіямъ линейки, сложеннымъ съ частью 12-го дѣленія; эта часть $aa' = a'b' - ab$, т. е. разности между пятью дѣленіями $a'b'$ линейки и пятью дѣленіями ab верньера; эта разность равна $5 \cdot \frac{a}{n}$. Слѣдовательно длина $xy = 11$ дюйм. + 5 лин.

Изъ предидущаго слѣдуетъ, что при употребленіи верньера должно съ точностью опредѣлить черту верньера, совмѣщающуюся съ чертою линейки. Если ни одна черта верньера не совмѣстилась (фиг. 102) съ чертою линейки, то замѣчаютъ ту черту, которая ближе другихъ подходитъ къ чертѣ линейки, какъ на примѣръ третья черта; а потому $xy = 5a + 3 \cdot \frac{a}{n}$.

Чтобы опредѣлить величину z , означающую разстояніе между 8-ю чертою линейки и 3-ею верньера, означимъ

фиг. 102



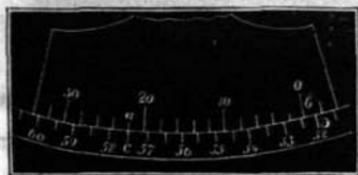
черезъ u разстояніе между 9-ю чертою линейки и 4-ю верньера. Сумма $z + u$ равна разности между дѣленіемъ линейки и дѣленіемъ верньера,

т. е. $z + u = \frac{a}{n}$; сравнивъ z съ u и опредѣливъ на глазъ $u = mz$, получимъ $z + u =$

$z + mz = \frac{a}{n}$, а потому $z = \frac{a}{n(m+1)}$. Выведенную величину z должно приложить къ длинѣ xy ; тогда получимъ $xy = 5a + 3 \cdot \frac{a}{n} + \frac{a}{n(m+1)}$.

§ 57. Въ угломерныхъ инструментахъ помѣщаютъ верньеръ на концѣ алидады и даютъ ему видъ дуги, одноцентренной съ лимбомъ. Длина его дуги должна равняться известной длинѣ части лимба; такъ на примѣръ пусть длина верньера равна дугѣ лимба, содержащей 14 дѣлений (фиг. 103), изъ которыхъ каждое соотвѣтствуетъ полуградусу; раздѣливъ дугу верньера на 15 равныхъ частей, получимъ точность верньера равною $\frac{a}{n} = \frac{30'}{15} = 2'$. На такихъ верньерахъ дѣленія означаются слѣдующимъ образомъ: пятая отъ нуля черта означена чрезъ 10, десятая чрезъ 20, и пятнадцатая чрезъ 30; это дѣлается для того, чтобы при совмѣщеніи черты p верньера съ какою-нибудь чертою лимба, нуль отходилъ отъ послѣдней черты лимба на $p \cdot \frac{a}{n} = 2p$ минутамъ, а слѣдовательно черта верньера, которая совмѣстилась съ чертою лимба, прямо показывала-бы число минутъ. При положеніи верньера, какъ изображено на чертежѣ, нуль находится между дѣленіями 52° и $52^\circ 30'$, а потому остается еще опредѣлить разность между дугами ab верньера и cd лимба. Эта разность равна $11 \cdot \frac{a}{n} = 22$ минутамъ, которыя опредѣляются совмѣ-

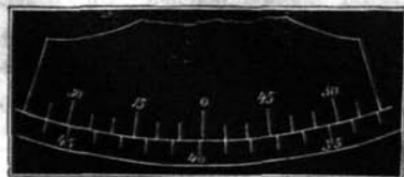
фиг. 103.



ствившимися чертами a и c ; слѣдовательно отсчитаніе верньера равно $52^\circ 22'$. Иногда помѣщаютъ черту нулеваго дѣленія въ колимаціонной плоскости діоптровъ алидады. Пусть дуга верньера равна дугѣ лимба (фиг. 104), содержащей 11° ; раздѣливъ дугу верньера на 12 равныхъ частей, получимъ точность $\frac{a}{n} = 5'$. Отъ показателя, т. е.

отъ нулевой черты верньера въ ту сторону, по которой означены дѣленія на лимбѣ ставятъ надъ третьей чертою число 15, въ противоположную сторону отъ нуля ставятъ надъ третьей чертою

фиг. 104.

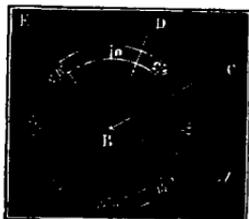


отъ нулевой черты верньера въ ту сторону, по которой означены дѣленія на лимбѣ ставятъ надъ третьей чертою число 15, въ противоположную сторону отъ нуля ставятъ надъ третьей чертою

число 45, а надъ крайними 30. Отсчитаніе верньера, представленнаго на чертежѣ, равно $39^{\circ}55'$, Изъ двухъ предыдущихъ примѣровъ выводится слѣдующее правило: число градусовъ опредѣляется по ближайшему меньшему отъ нуля верньера дѣленію лимба, а число минутъ получится по чертѣ верньера, совмѣстившейся съ какой-нибудь чертою лимба.

§ 58. Для удобной установки инструмента въ вершинѣ измѣряемаго угла, утверждаютъ его на штативѣ (§ 45). Поставивъ инструментъ надъ данною точкою мѣстности, прекращаютъ вращательное движеніе лимба; наведя діоптры или зрительную трубу на предметы А и С (§ 28), означающіе оконечности сторонъ угла АВС, замѣчаютъ отсчитаніе верньера. Разность отсчитаній опредѣляетъ дугу, пройденную показателемъ верньера; этою дугою измѣряется уголъ АВС.

Фиг. 150.



Пусть большее отсчитаніе равно β и меньшее α , тогда $v = \beta - \alpha$ означаетъ величину угла АВС. Если дѣленія означены слѣва на право, смотря изъ центра на нуль, то наводятъ діоптры сперва на предметъ влѣво лежащій отъ наблюдателя, а потомъ на вправо лежащій. Положимъ, что при визированіи на точку D отсчитали α° ; при наведеніи алидады на С показатель верньера перешелъ чрезъ нуль или 360° и остановился на дѣленіи β° ; тогда получимъ уголъ $v = (360^{\circ} + \alpha^{\circ}) - \beta^{\circ} = (360^{\circ} - \beta^{\circ}) + \alpha^{\circ}$; при $\alpha = 33^{\circ}$ и $\beta = 318^{\circ}$ имѣемъ $v = (360 + 33) - 318 = (360 - 318) + 33 = 75^{\circ}$.

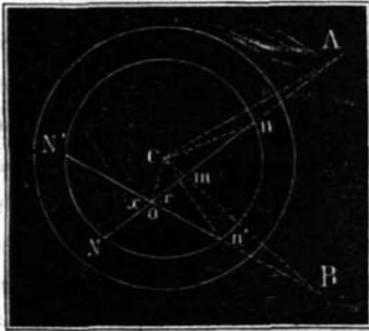
§ 59. Вѣрность результатовъ, достигаемая при измѣреніи угловъ, зависитъ отъ условій, которыя должны быть выполняемы углоизмѣрными инструментами. Проверка существованія этихъ условій производится различнымъ образомъ, потому-что она зависитъ отъ устройства составныхъ частей инструмента; нѣкоторыя-же условія вѣрности узнаются одинаковыми способами для всѣхъ инструментовъ, опредѣляющихъ въ градусахъ величину угловъ.

а) Дѣленія на лимбѣ и верньерѣ должны быть означены точно, т. е. n дѣленій верньера должны равняться $n - 1$ или $n + 1$ дѣленіямъ лимба; слѣдовательно если показатель верньера приводится въ совмѣщеніе съ какою-нибудь чертою лимба то n -ая черта верньера также должна совмѣститься съ какою-нибудь чертою лимба, а между упомянутыми чертами верньера должно находиться $n - 1$ или $n + 1$ дѣленій лимба; это условіе должно выполняться при каждой чертѣ лимба. Если въ какой-нибудь части лимба окажется погрѣшность, то должно замѣтить между какими дѣленіями лимба она существуетъ и опредѣлить посредствомъ микроскопа ея величину. Вѣрность дѣленій верньера узнаютъ приблизительно, приведя каждую черту въ совмѣщеніе съ одной и той-же чертою лимба; при этомъ замѣчаютъ, находится-

ли черты верньера, по обѣ стороны совмѣщающейся лежащая на равныхъ разстояніяхъ отъ ближайшихъ къ нимъ дѣлений лимба.

b) Лимбъ и алидада должны быть одноцентренными, т. е. ось вращения алидады должна пройти чрезъ центръ лимба. Положимъ, что С центръ лимба (фиг. 106), точка О центръ вращения алидады, чрезъ который проходятъ линіи ОА и ОВ визировація; дуга nn', заключенная между ними, измѣряетъ центральный уголъ nСn', а не уголъ nOn', представляющій горизонтальную проекцію

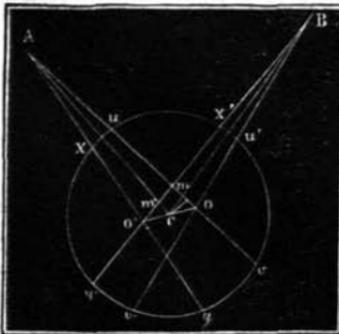
фиг. 106.



угла на мѣстности. Разность уголв nСn' и nOn' называется *выцентренностью алидады*. Въ различныхъ инструментахъ при той-же длинѣ линіи СО, погрѣшность эта тѣмъ значительнѣе, чѣмъ менѣе диаметръ лимба; она также зависитъ отъ величины уголв nСn' и nСО. Существованіе этой ошибки можетъ быть сдѣлано безвреднымъ, опредѣляя величину измѣряемаго угла по отсчитаніямъ двухъ верньеровъ, расположенныхъ диаметрально на концахъ алидады. Положимъ, что верньеры имѣютъ положеніе N и n при визированіи на точку А, N' и n' при наведеніи алидады на предметъ В. Взявъ разность отсчитаній N и N', получимъ дугу NN' = u; отсчитанія n и n' опредѣляютъ дугу nn' = v. Уголъ x, составляемый линіями визировація, измѣряется величиною $\frac{u+v}{2}$. Для опредѣленія существованія выцентренности, ставятъ верньеръ надъ какою-нибудь чертою лимба; замѣтивъ отсчитанія обоихъ верньеровъ, берутъ ихъ разность; вращая алидаду на 180°, приводятъ показатель верньера въ совмѣщеніе съ каждымъ дѣленіемъ полуокружности лимба; при этомъ замѣчаютъ разности между каждыми двумя отсчитаніями верньеровъ. Если всѣ полученные разности равны между собою, то это служитъ признакомъ совмѣщенія центра лимба съ осью вращения алидады. Если-же эти разности постепенно увеличиваются или уменьшаются, а при движеніи верньера по дугѣ второй четверти окружности разности на оборотъ постепенно уменьшаются или увеличиваются, то существуютъ выцентренность. Наконецъ если разности отсчитаній попеременно увеличиваются и уменьшаются, то это показываетъ неточность дѣлений лимба.

c) Линіи визировація и центръ вращения алидады должны находиться въ плоскости, перпендикулярной къ плоскости лимба. Положимъ, что С центръ лимба (фиг. 107), находящійся на оси вращения алидады, что колимационная плоскость находится въ положеніи uv при визированіи на предметъ А и въ положеніи u'v' при наведеніи алидады на точку В; тогда получимъ уголъ АОВ = ∠ O вмѣсто угла АСВ = ∠ С. Означивъ ∠ САт чрезъ А и ∠ тВО чрезъ В, получимъ ∠ А + ∠ С = ∠ АтВ. Изъ треугольника ВОт будетъ ∠ В + ∠ О = ∠ АтВ; слѣдовательно ∠ А + ∠ С = ∠ О + ∠ В, откуда ∠ С = ∠ О + ∠ В - ∠ А (α). Это выраженіе показываетъ разность между углами С на мѣстности и О составляемымъ линіями визировація. Эта разность В - А можетъ быть выражена разстояніями АС = a и ВС = b.

фиг. 107.



Перпендикуляры, опущенные изъ центра С на линіи визировація, равны между собою.

Означая эти перпендикуляры чрез d , получимъ $\sin A = \frac{d}{a}$ и $\sin B = \frac{d}{b}$; по малой величинѣ угловъ A и B имѣемъ $A = \frac{d}{a \cdot \sin 1''}$ и $B = \frac{d}{b \cdot \sin 1''}$. Подставляя эти величины A и B въ уравненіе (а), получимъ

$$\angle C = \angle O + \left(\frac{a-b}{ab} \right) \cdot \frac{d}{\sin 1''} \dots (\beta).$$

Обращая алидаду на 180° , наводятъ ее на тѣже предметы A и B ; тогда точка O перейдетъ въ O' , и перейдетъ въ y , v въ x , u въ y' и v' въ x' . При этомъ положеніи алидады получимъ уголъ $AO'B = \angle O'$ вмѣсто требуемаго ACB . Опредѣлимъ разность этихъ угловъ; означая уголъ CAO' чрезъ A и уголъ CBO' чрезъ B , получимъ изъ треугольника $Am'O'$ равенство: $\angle A + \angle O' = \angle Am'V$; изъ треугольника Bcm' будетъ $\angle B + \angle C = \angle Am'V$; слѣдовательно $\angle C = \angle O' + \angle A - \angle B$ (α'); по предыдущему имѣемъ $\sin A = \frac{d}{a}$ и $\sin B = \frac{d}{b}$ или $A = \frac{d}{a \cdot \sin 1''}$ и $B = \frac{d}{b \cdot \sin 1''}$.

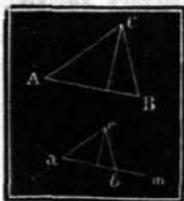
Вставляя эти величины A и B въ уравненіе (а'), получимъ $\angle C = O' + \left(\frac{b-a}{ab} \right) \cdot \frac{d}{\sin 1''} = O' - \left(\frac{a-b}{ab} \right) \cdot \frac{d}{\sin 1''}$ (β'). Складывая выраженія (β) и (β'), получимъ

$2C = O + O'$, откуда $C = \frac{O + O'}{2} \dots (7)$ Разность между углами ACB и AOB назы-

вается *коллимационною погрѣшностью*. Существованіе этой погрѣшности узнается обращеніемъ алидады на 180° и полученіемъ угла $AO'B$, разстояющаго отъ угла AOB ; эта погрѣшность уничтожится, взявъ среднюю арифметическую между углами AOB и $AO'B$ (смотри выраж. (7)).

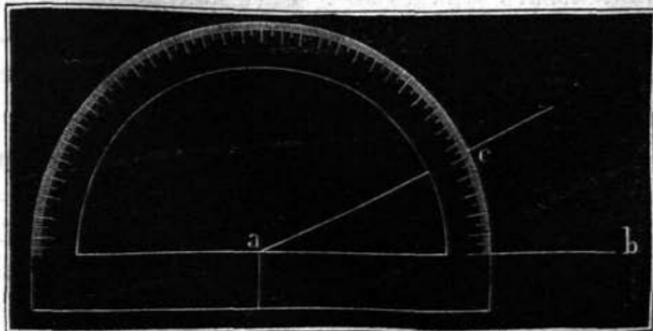
§ 60. Если извѣстны длины сторонъ AC и AB (фиг. 108), заключающихъ данный уголъ BAC и длина линіи BC , то должно по прове-

фиг. 108.



денной на бумагѣ прямой am отложить отъ a до b по масштабу длину линіи AB . Взявъ точки a и b за центры, описываютъ радиусами, равными по масштабу линіямъ BC и AC , двѣ дуги. Соединяя точку c пересѣченія сихъ дугъ съ точкою a , получимъ $\angle cab = \angle CAB$. Углы, выраженные въ градусахъ, могутъ быть построены

фиг. 109.



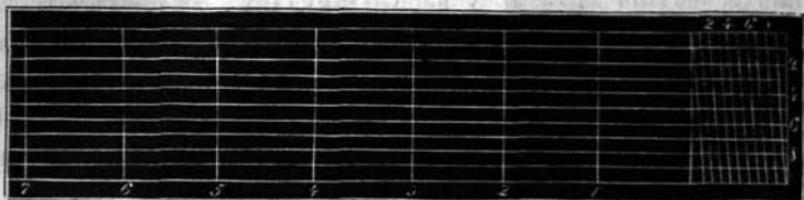
на бумагѣ посредствомъ *транспортира* (ф. 109); онъ состоитъ изъ мѣднаго или роговаго полукруга, раздѣленнаго на градусы; по направленію его діаметра прикрѣ-

ляется къ нему линейка, на которой чрезъ центръ полукруга проведена черта; дѣленія означены отъ нуля до 180° . Для построения угла, заключающаго на примѣръ 43° на прямой ab при точкѣ a , должно приложить верхній край линейки транспорта къ прямой ab такъ, чтобы центръ совмѣстился съ точкою a ; отсчитавъ отъ нуля 43° , отмѣчаютъ на бумагѣ карандашемъ точку c , находящуюся на продолженіи 43-го дѣленія; проведя прямую ac , получимъ $\angle cab = 43^\circ$. Очевидно, что транспортомъ возможно строить углы, выраженные только въ градусахъ; съ приближенною точностью наносятся углы отъ 30 до 30 минутъ. Степень точности, достигаемая транспортомъ, опредѣляется слѣдующимъ образомъ: при радиусѣ R длина дуги въ 1' равна 0,00029, а при $R = 5$ дюйм. длина этой дуги равна 0,00145 дюйм.; толстоту черты на транспортѣ можно принять равною 0,05 линіи; слѣдовательно каждая черта покрываетъ дугу въ 3 минуты.

§ 61. Съ болѣею точностью наносятся углы на бумагу съ помощью соотвѣтствующихъ имъ тангенсовъ. Чтобы не повторять вычисленіе длины тангенса для каждаго угла, составлена таблица, въ которой помѣщены тангенсы, вычисленные при радиусѣ $R = 10$ полудюймамъ. Эта таблица (см. стр. 63) составлена для угловъ отъ 5 до 5 минутъ и отъ 0 до 45 градусовъ. Въ первомъ вертикальномъ ряду помѣщены градусы и въ верхнемъ горизонтальномъ минуты; въ прочихъ столбцахъ помѣщены длины тангенсовъ. Чтобы найти длину тангенса, соотвѣтствующаго какому-нибудь углу, на примѣръ $34^\circ 40'$, должно въ горизонтальномъ ряду числа 34 найти число, которое помѣщено въ столбцѣ, подписанномъ числомъ 40; это число будетъ 0,691. Въ нижнемъ горизонтальномъ ряду поставлены минуты отъ правой руки къ лѣвой и въ послѣднемъ вертикальномъ столбцѣ градусы снизу вверхъ. Если данный уголъ болѣе 45° , то должно отыскать длину тангенса дополнительнаго угла до 90° . Такъ на примѣръ углу 75° будетъ дополнительный 15° ; тангенсъ сего послѣдняго найдется, если отыщемъ число, находящееся въ горизонтальномъ ряду 74° и въ вертикальномъ столбцѣ, подписанномъ чрезъ 60; это число будетъ 0,268; также углу въ $62^\circ 35'$ соотвѣтствуетъ тангенсъ 0,519. Если требуется нанести уголъ, число минутъ котораго не помѣщено въ таблицѣ, то должно взять длину тангенса, соотвѣтствующаго ближайшему числу минутъ; такъ на примѣръ для построения угла въ $47^\circ 23'$ беруть тангенсъ, соотвѣтствующій углу въ $47^\circ 25'$, т. е. 0,919.

Для отложенія на бумагѣ длины тангенсовъ, необходимо имѣть поперечный масштабъ, длиною въ 10 полудюймовъ (фиг. 114); при-

фиг. 114.

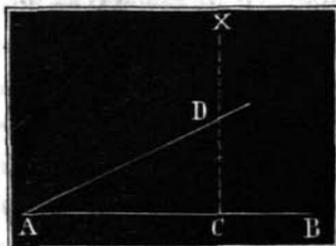


нявъ полудюймъ за единицу масштаба, возможно наносить длины съ точностью до 0,001 R.

При построении угловъ должно поступать слѣдующимъ образомъ:

- 1) когда данный уголъ меньше 45° . Пусть требуется на данной прямой АВ (фиг. 110) построить уголъ равный $25^\circ 35'$. Отложивъ отъ А до С длину R, возставляютъ изъ С перпендикуляръ СХ;

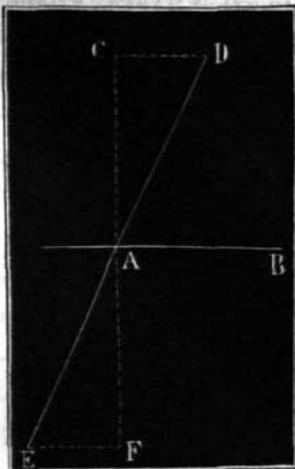
фиг. 110.



потомъ отыскиваютъ въ таблицѣ тангенсъ, соответствующій углу въ $25^\circ 35'$ и найденную длину, т. е. 0,479 берутъ циркулемъ на масштабѣ. Поставивъ одну ножку циркуля въ точкѣ С, отмѣчаютъ другою ея ножкою точку D. Проведя прямую AD, получимъ $\angle CAD = 25^\circ 35'$.

- 2) когда данный уголъ больше 45° . Требуется при точкѣ А (ф. 111) прямой АВ построить уголъ въ $68^\circ 20'$. Тогда изъ точки А возставляютъ перпендикуляръ $AC = R$ и изъ С перпендикуляръ CD къ AC.

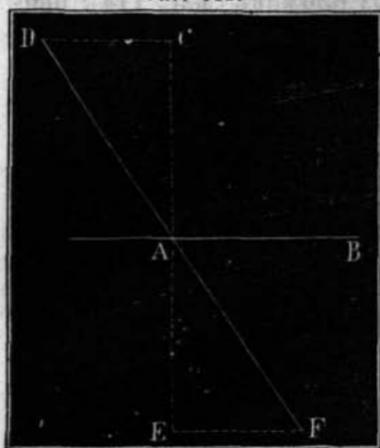
фиг. 111.



Такъ какъ данному углу дополняютъ до 90° уголъ $21^\circ 40'$, то на прямой CD должно отложить длину тангенса, соответствующаго углу въ $21^\circ 40'$. Проведя прямую AD, получимъ $\angle CAD = 21^\circ 40'$ и слѣдовательно $\angle BAD = 68^\circ 20'$. Если невозможно возставить перпендикуляръ вверхъ, то должно возставить перпендикуляръ AF $= R$ и изъ F перпендикуляръ FE $= 0,397$. Проведя прямую EAD, получимъ $\angle DAB = 68^\circ 20'$.

3) когда угол больше 90° , но меньше 135° . Пусть требуется при

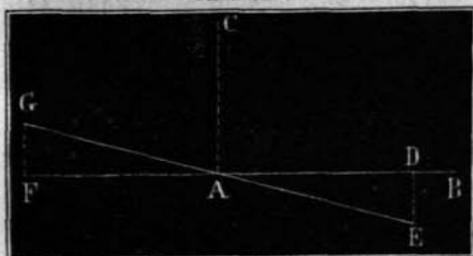
фиг. 112.



точкѣ А (фиг. 112) прямой АВ построить уголъ въ $123^\circ 15'$. Возставя изъ точки А перпендикуляръ, дѣлають $AC = R$. Изъ точки С возставляютъ перпендикуляръ CD, равный тангенсу угла $33^\circ 15' = 123^\circ 15' - 90^\circ$. Проведя прямую DA, получимъ $\angle DAB = \angle DAC + \angle CAB = 33^\circ 15' + 90^\circ = 123^\circ 15'$. Или: возставя перпендикуляръ AE внизъ и отложивъ на немъ длину R, возставляютъ перпендикуляръ $EF = 0,656$. Тогда получится $\angle DAB = 123^\circ 15'$.

4) когда уголъ больше 135° . Требуется при точкѣ А данной прямой АВ (фиг. 113) построить уголъ въ $165^\circ 30'$. Сдѣлавъ $AD = R$,

фиг. 113.



возставляютъ изъ точки D перпендикуляръ DE, равный тангенсу угла $14^\circ 30' = 90^\circ - 75^\circ 30'$. Проведя прямую EAG, получимъ $\angle GAD = 75^\circ 30' + 90^\circ$, ибо $\angle CAG = 90^\circ - \angle DAE = 75^\circ 30'$. Следовательно для построения угла, большаго 135° , должно изъ него вычесть 90° и потомъ построить уголъ, дополняющій полученному остатку до прямого. Если нельзя провести перпендикуляръ DE, то должно продолжить АВ такъ, чтобы $AF = R$; возставя изъ F перпендикуляръ $FG = 0,258$ и проведя прямую GA, получимъ уголъ DAG.

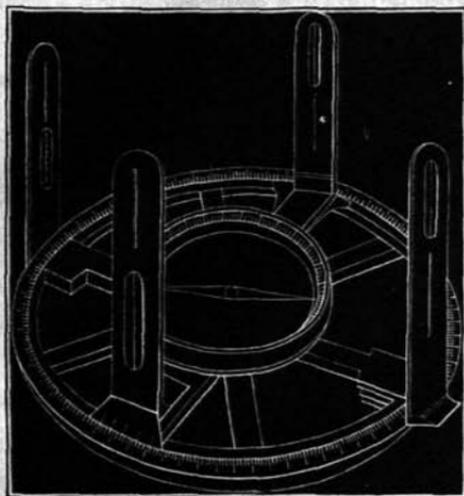
Таблица тангенсовъ, вычисленныхъ при R = 10 полудюймамъ.

ГРАДУСЫ.	0'	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'	50'	55'	ГРАДУСЫ.
0	0	0,001	0,003	0,004	0,006	0,007	0,009	0,01	0,011	0,013	0,015	0,016	89
1	0,017	0,019	0,02	0,022	0,023	0,024	0,026	0,028	0,029	0,031	0,032	0,033	88
2	0,035	0,036	0,038	0,039	0,041	0,042	0,044	0,045	0,046	0,048	0,049	0,051	87
3	0,052	0,054	0,055	0,057	0,058	0,06	0,061	0,063	0,064	0,065	0,067	0,068	86
4	0,07	0,071	0,073	0,074	0,076	0,077	0,079	0,08	0,082	0,083	0,085	0,086	85
5	0,087	0,089	0,09	0,091	0,093	0,095	0,096	0,098	0,099	0,1	0,102	0,104	84
6	0,105	0,106	0,108	0,109	0,111	0,112	0,114	0,115	0,117	0,118	0,119	0,121	83
7	0,123	0,124	0,126	0,127	0,129	0,13	0,132	0,133	0,135	0,136	0,137	0,139	82
8	0,14	0,142	0,143	0,145	0,146	0,148	0,149	0,151	0,152	0,154	0,155	0,157	81
9	0,158	0,159	0,161	0,163	0,164	0,166	0,167	0,169	0,17	0,172	0,173	0,175	80
10	0,176	0,177	0,179	0,18	0,182	0,183	0,185	0,186	0,188	0,189	0,191	0,192	79
11	0,194	0,195	0,197	0,198	0,2	0,201	0,203	0,204	0,206	0,207	0,209	0,21	78
12	0,213	0,214	0,216	0,217	0,219	0,22	0,222	0,223	0,225	0,226	0,228	0,229	77
13	0,231	0,232	0,234	0,235	0,237	0,238	0,24	0,241	0,243	0,244	0,246	0,247	76
14	0,249	0,25	0,252	0,253	0,255	0,256	0,258	0,259	0,262	0,263	0,265	0,266	75
15	0,268	0,269	0,271	0,272	0,274	0,275	0,277	0,278	0,28	0,281	0,284	0,285	74
16	0,287	0,288	0,289	0,29	0,293	0,294	0,296	0,297	0,299	0,3	0,302	0,303	73
17	0,306	0,307	0,309	0,31	0,312	0,313	0,315	0,316	0,318	0,319	0,322	0,323	72
18	0,325	0,326	0,328	0,329	0,331	0,332	0,334	0,335	0,338	0,339	0,341	0,342	71
19	0,344	0,345	0,347	0,348	0,351	0,352	0,354	0,355	0,357	0,358	0,361	0,362	70
20	0,364	0,365	0,367	0,368	0,37	0,371	0,374	0,375	0,377	0,378	0,38	0,381	69
21	0,384	0,385	0,387	0,388	0,39	0,391	0,394	0,395	0,397	0,398	0,401	0,402	68
22	0,404	0,405	0,407	0,408	0,411	0,412	0,414	0,415	0,418	0,419	0,421	0,422	67
23	0,424	0,425	0,428	0,429	0,431	0,432	0,435	0,436	0,438	0,439	0,442	0,443	66
24	0,445	0,446	0,449	0,45	0,452	0,453	0,456	0,458	0,46	0,462	0,464	0,465	65
25	0,466	0,468	0,47	0,472	0,473	0,475	0,477	0,479	0,48	0,482	0,484	0,486	64
26	0,488	0,489	0,491	0,493	0,495	0,497	0,498	0,5	0,502	0,504	0,506	0,507	63
27	0,509	0,511	0,513	0,515	0,517	0,519	0,521	0,522	0,524	0,526	0,528	0,53	62
28	0,532	0,533	0,535	0,537	0,539	0,541	0,543	0,545	0,547	0,549	0,55	0,552	61
29	0,554	0,556	0,558	0,56	0,562	0,564	0,566	0,568	0,569	0,571	0,573	0,575	60
30	0,577	0,579	0,581	0,583	0,585	0,587	0,589	0,591	0,593	0,595	0,597	0,599	59
31	0,601	0,603	0,605	0,607	0,609	0,611	0,613	0,615	0,617	0,619	0,621	0,623	58
32	0,625	0,627	0,629	0,631	0,633	0,635	0,637	0,639	0,641	0,643	0,645	0,647	57
33	0,649	0,651	0,653	0,656	0,658	0,66	0,662	0,664	0,666	0,668	0,67	0,672	56
34	0,674	0,677	0,679	0,681	0,683	0,685	0,687	0,689	0,691	0,694	0,696	0,698	55
35	0,7	0,702	0,704	0,707	0,709	0,711	0,713	0,715	0,718	0,72	0,722	0,724	54
36	0,726	0,729	0,731	0,733	0,735	0,738	0,74	0,742	0,744	0,747	0,749	0,751	53
37	0,753	0,756	0,758	0,76	0,763	0,765	0,767	0,77	0,772	0,774	0,777	0,779	52
38	0,781	0,784	0,786	0,788	0,791	0,793	0,795	0,798	0,8	0,802	0,805	0,807	51
39	0,81	0,812	0,815	0,817	0,819	0,822	0,824	0,827	0,829	0,832	0,834	0,837	50
40	0,839	0,841	0,844	0,846	0,849	0,851	0,854	0,856	0,859	0,861	0,864	0,867	49
41	0,869	0,872	0,874	0,877	0,879	0,882	0,885	0,887	0,89	0,892	0,895	0,898	48
42	0,9	0,903	0,906	0,908	0,911	0,914	0,916	0,919	0,922	0,924	0,927	0,93	47
43	0,932	0,935	0,938	0,941	0,943	0,946	0,949	0,952	0,954	0,957	0,96	0,963	46
44	0,966	0,968	0,971	0,974	0,977	0,98	0,983	0,985	0,988	0,991	0,994	0,997	45
	60'	55'	50'	45'	40'	35'	30'	25'	20'	15'	10'	5'	

§ 62. *Описание употребительнѣйшихъ инструментовъ, опредѣляющихъ величины угловъ въ градусахъ.* Угломерный инструментъ простѣйшаго устройства, посредствомъ котораго древніе народы производили астрономическія наблюденія, называется *астролябію*.

Лимбъ ея дѣлается діаметромъ отъ 9 до 12 дюймовъ. Діоптры, привинчиваемые къ концамъ діаметра, проходящаго чрезъ 0 и 180° лимба (Ф. 115), называются *неподвижными*. Къ концамъ алидадной линейки

Фиг. 115.



прикрѣплены два другіе діоптра, называемые *подвижными*. Въ ко-
лимаціонной плоскости этихъ діоп-
тровъ означенъ на концѣ али-
дады показателъ такъ, что если
онъ будетъ совмѣщенъ съ нулевой
чертою лимба, то волоски и про-
рѣзы всѣхъ четырехъ діоптровъ
будутъ находиться въ одной
плоскости, перпендикулярной къ
плоскости лимба. Астролябія
утверждается тремя подъемными
винтами на штативѣ (§ 45). Для

прекращенія грубаго движенія лимба и алидады приспособлены къ нимъ закрѣпительные винты; медленное движеніе производится микро-
метрическими винтами. Для приведенія плоскости лимба въ горизон-
тальное положеніе помѣщается на немъ уровень. При измѣреніи угла
ABC, ставятъ астролябію своимъ центромъ надъ вершиною B, при-
водятъ плоскость лимба въ горизонтальное положеніе (§ 43), наво-
дятъ неподвижные діоптры на предметъ A или B (§ 58); закрѣпивъ
нажимательный винтъ лимба, приводятъ волосокъ діоптра съ точ-
ностью въ совмѣщеніе съ наблюдаемымъ предметомъ обращеніемъ
микрометрическаго винта лимба. Оставивъ лимбъ неподвижнымъ, на-
водятъ подвижные діоптры на предметъ B или A, прекращаютъ грубое
движеніе алидады закрѣпленіемъ ея нажимательнаго винта; обраше-
ніемъ микрометрическаго винта наводятъ діоптры съ точностью на
замѣченный предметъ. Дуга, заключенная между нулемъ лимба и
показателемъ верньера, выражаетъ градусную величину измѣряемаго
угла. Въ астролябіяхъ дуга верньера равняется дугѣ лимба, содер-
жащей 11° (§ 57).

§ 68. Вѣрно-устроенная астролябія должна выполнять слѣдующія
условія:

1) градусныя дѣленія лимба и верньера должны быть означены
точно (§ 59, a);

2) ось вращенія алидады должна проходить чрезъ центръ лимба (§ 59, b);

3) нуль верньера долженъ совпадать съ нулемъ лимба въ то время, когда колимаціонныя плоскости подвижныхъ и неподвижныхъ діоптровъ совмѣщаются;

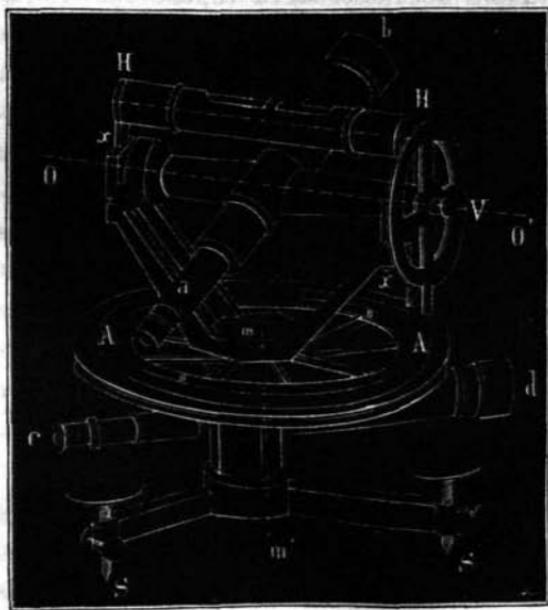
4) діоптры должны быть перпендикулярны къ плоскости лимба. Эта перпендикулярность повѣряется слѣдующимъ образомъ: приведа лимбъ въ горизонтальное положеніе, наводяъ волосокъ предметнаго діоптра на какую-нибудь вертикальную линію. Если при визированіи чрезъ глазной діоптръ, волосокъ кажется совмѣщающимся съ замѣченною линіею, то діоптры перпендикулярны къ плоскости лимба. Въ противномъ случаѣ должно исправить ихъ отклоненіе, подкладывая подъ нижнюю ихъ поверхность кусочекъ бумаги.

§ 63. Для точнѣйшихъ измѣреній угловъ употребляютъ инструментъ, называемый *теодолитомъ*.

Всякій теодолитъ, какого устройства онъ бы ни былъ, всегда долженъ состоять изъ слѣдующихъ частей: 1) лимба АА (фиг. 116), раздѣленнаго на градусы и части градуса; 2) алидаднаго круга ВВ съ верньерами; 3) зрительной трубы *ab*, имѣющей сѣтку и вращающейся своею осью въ цапфахъ двухъ подставокъ, утвержденныхъ на али-

фиг. 116.

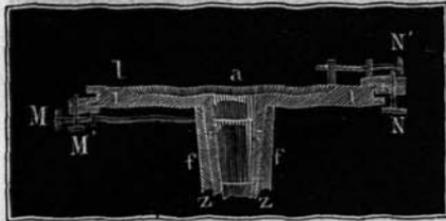
дадномъ кругѣ; 4) вертикальнаго круга V, наглухо прикрѣпленнаго своимъ центромъ къ горизонтальной оси зрительной трубы; онъ служитъ для измѣренія вертикальныхъ угловъ; 5) уровни НН — для приведенія лимба и оси вращенія трубы въ горизонтальное положеніе; 6) подъемныхъ винтовъ S, S, S лимба; 7) закрѣпительныхъ и микрометрическихъ винтовъ лимба и алидаднаго круга; и 8) зрительной трубы *cd*, прикрѣпленной подъ



лимбомъ къ вертикальному кубіку оси инструмента; эта труба назы-

вается *поворотливою*. Алидадный кругъ и лимбъ вращаются независимо одинъ отъ другаго; для этого прикрѣпленъ лимбъ къ пустому цилиндру Z (фиг. 117), входящему въ другой пустой цилиндръ f , наглухо придѣланный къ треножнику. Обращеніемъ закрѣпительнаго винта M , цилиндръ Z прижимается къ цилиндру f , а слѣдовательно грубое движеніе лимба прекращается; посредствомъ микрометрическаго винта M' сообщается лимбу медленное движеніе. Къ нижней поверхности алидаднаго круга прикрѣпляется стальная ось, входящая въ пустой цилиндръ Z . Обращеніемъ винта N алидадный кругъ

Фиг. 117.



прижимается къ лимбу; посредствомъ микрометрическаго винта N' , алидадный кругъ получаетъ медленное движеніе. Ослабленіемъ винта M и закрѣпленіемъ винта N , лимбъ и алидадный кругъ вращаются вмѣстѣ. Ослабленіемъ винта N , алидадный кругъ можетъ вращаться независимо отъ лимба. Ослабленіемъ винтовъ M и N лимбъ и алидадный кругъ вращаются независимо одинъ отъ другаго.

Для точнаго опредѣленія величинъ горизонтальныхъ проекцій данныхъ угловъ, оптическая ось трубы должна при ея вращеніи, описывать плоскость, перпендикулярную къ плоскости лимба.

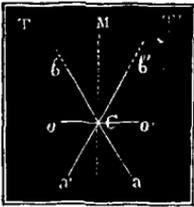
Для выполнения этого условія (фиг. 116), должно:

1) чтобы ось OO' вращенія трубы была перпендикулярна къ оси mm' вращенія алидаднаго круга. Для повѣрки этого условія ставятъ уровень на оси OO' и вращаютъ алидадный кругъ до тѣхъ поръ, пока ось OO' находится отвѣсно надъ однимъ изъ подъемныхъ винтовъ S ; обращеніемъ этого винта приводятъ пузырекъ уровня (который сначала долженъ быть вывѣренъ), на средину; тогда ось OO' будетъ горизонтальна. Если ось OO' перпендикулярна къ оси mm' , то, по обращеніи алидаднаго круга на 180° , пузырекъ опять долженъ находиться на срединѣ уровня; если-же пузырекъ отойдетъ отъ средины, то должно погрѣшность (погрѣшностью называется разстояніе между среднею трубкой и среднею точкою мѣста, занимаемаго пузырькомъ) уничтожить обращеніемъ винтовъ x , приподымающихъ или опускающихъ цапфы, а для повторенія приводятъ пузырекъ на средину обращеніемъ подъемнаго винта S . Это дѣйствіе повторяютъ до тѣхъ поръ, пока пузырекъ по обращеніи алидаднаго круга на 180° постоянно будетъ зани-

мать средину уровня. Повѣрка уровня производится, какъ объяснено выше.

2) чтобы коллимаціонная плоскость зрительной трубы была перпендикулярна къ оси OO' вращенія. Для повѣрки этого условія навоятъ трубу пересѣченіемъ нитей сѣтки на какой-нибудь предметъ; вынимая трубу, переключиваютъ ее такъ, чтобы правая цапфа занимала лѣвое гнѣздо, а лѣвая — правое гнѣздо; если теперь пересѣченіе нитей пройдетъ чрезъ ту-же точку T предмета, то значить, что ось OO' и оптическая ось ab взаимно перпендикулярны. Если-же пересѣченіе нитей сѣтки кажется покрывающимъ другую точку T' , то должно исправить эту погрѣшность, передвигая сѣтку на столько, чтобы пересѣченіе нитей заняло средину между точками T и T' (фиг. 118); дѣйствительно: полагая, что, по изведеніи трубы на предметъ, пересѣченіе нитей покрываетъ точку T , а по переложеніи трубы покажется точка T' , получимъ $\angle Ocb = \angle b'CO'$; передвигая сѣтку такимъ образомъ, чтобы пересѣченіе нитей покрывало точку M , находящуюся на срединѣ между T и T' , получимъ $\angle bCM = \angle b'CM$, а потому прямая MC (или ось ab) перпендикулярна къ оси OO' .

фиг. 118.



§ 64. Измѣреніе угловъ теодолитомъ, который предполагается вывѣреннымъ, начинаютъ приведеніемъ лимба въ горизонтальное положеніе. При горизонтальномъ положеніи лимба ось mm' (фиг. 116) должна быть вертикальна. Лимбъ приводится въ горизонтальное положеніе слѣдующимъ образомъ: обращеніемъ алидаднаго круга приводятъ ось OO' въ параллельное положеніе къ линіи, проходящей чрезъ два подъемные винта; этими винтами приводятъ пузырекъ уровня на средину трубки; вращая алидаднѣй кругъ на 90° такъ, чтобы ось OO' находилась отвѣсно надъ третьимъ подъемнымъ винтомъ, приводятъ пузырекъ на средину обращеніемъ этого винта. По приведеніи оси OO' въ перпендикулярное положеніе къ оси mm' , ось OO' описываетъ плоскость, перпендикулярную къ оси mm' ; по приведеніи плоскости лимба въ горизонтальное положеніе, плоскость, описываемая осью OO' приметъ также горизонтальное, а ось mm' вертикальное положеніе. Чтобы убѣдиться въ существованіи этого условія, обращаютъ алидаднѣй кругъ на цѣлую окружность и замѣчаютъ находится-ли пузырекъ постоянно на срединѣ.

Установивъ инструментъ въ вершинѣ измѣряемаго угла, приводятъ

его лимбъ въ горизонтальное положеніе, а повѣрительную трубу наводятъ на какой-либо отдаленный и хорошо видимый предметъ Р. Закрѣпивъ винтъ М (фиг. 117), наводятъ трубу обращеніемъ алидаднаго круга на предметъ А (фиг. 119), закрѣпляютъ винтъ N (фиг. 117) и приводятъ пересѣченіе нитей сѣтки въ точное совмѣщеніе съ замѣченной точкою предмета обращеніемъ винта N; пусть отсчетаніе верньера равно α . Ослабивъ винтъ N, наводятъ трубу обращеніемъ алидаднаго круга на

фиг. 119.



предметъ В, закрѣпляютъ винтъ N и дѣйствуютъ винтомъ N'. Теперь должно удостовѣриться не измѣнилось ли положеніе инструмента во время обращенія алидаднаго круга. Для этого должно смотрѣть въ повѣрительную трубу: если пересѣченіе нитей сѣтки покрываетъ еще предметъ Р, то это служитъ признакомъ неизмѣняемости положенія инструмента. Въ противномъ случаѣ должно начать измѣреніе снова. Отсчитавъ второе показаніе β верньера, получимъ величину измѣряемаго угла $\gamma = \beta - \alpha$. Для полученія точнѣйшей величины измѣреннаго угла берутъ среднюю арифметическую отсчитаній всѣхъ верньеровъ. Если на алидадномъ кругѣ сдѣланы четыре верньера, отстоящіе одинъ отъ другаго на 90° , то должно, для полученія средней арифметической, вычесть 90° изъ отсчитанія на второмъ верньерѣ, 180° на третьемъ и 270° на четвертомъ. Сложивъ полученные остатки, должно ихъ сумму раздѣлить на четыре; на примѣръ если отсчитанія на верньерахъ были:

I	II	III	IV
$55^\circ 36' 40''$	$145^\circ 36' 22''$	$235^\circ 37' 5''$	$325^\circ 35' 50''$

то вычитая 90° , 180° и 270° изъ 2-го, 3-го и 4-го отсчитаній, получимъ:

I	II	III	IV
$55^\circ 36' 40''$	$55^\circ 36' 22''$	$55^\circ 37' 5''$	$55^\circ 35' 50''$

Сложивъ эти отсчитанія и раздѣливъ ихъ сумму на 4, получимъ $55^\circ 36' 29\frac{1}{4}''$. Дѣйствіе будетъ проще, если записать отсчитаніе перваго верньера съ градусами, а прочихъ только съ минутами и секундами, т. е.

I	II	III	IV
$55^\circ 36' 40''$	$36' 22''$	$37' 5''$	$35' 50''$

и потомъ взять среднюю величину минутъ и секундъ; т. е.

$$\frac{1}{4} (36' 40'' + 36' 22'' + 37' 5'' + 35' 50'') = 36' 29\frac{1}{4}''.$$

Для удобнаго отсчитыванія на верньерахъ придѣлываются два или четыре микроскопа на концахъ линеечекъ, свободно вращающихся около центра алидаднаго круга.

§ 63. Съ бѣльшею точностью получаютъ величины угловъ, поступая слѣдующимъ образомъ: измѣривъ уголъ по предъидущему (§ 64) и получивъ величину $v = \beta - \alpha$, продолжаютъ измѣреніе слѣдующимъ образомъ: ослабивъ винтъ М (фиг. 117), обращаютъ лимбъ съ прикрѣпленнымъ къ нему алидаднымъ кругомъ до тѣхъ поръ, пока лучъ зрѣнія, проходящій черезъ пересѣченіе нитей сѣтки, опять будетъ наведенъ на предметъ А (фиг. 119); закрѣпивъ винтъ М, приводятъ пересѣченіе нитей въ точное совмѣщеніе обращеніемъ винта М'. Отсчитаніе верньера не измѣнилось, потому-что лимбъ и алидада не измѣнили взаимное ихъ положеніе при вторичномъ визированіи на предметъ А. Обращая одну алидаду, т. е. ослабивъ винтъ N, наводятъ трубу на предметъ В; по закрѣпленіи винта N, приводятъ пересѣченіе нитей въ точное совмѣщеніе съ предметомъ, обращеніемъ винта N'. Слѣдовательно показатель верньера описалъ двойной уголъ АСВ; означая послѣднее отсчитаніе черезъ γ , получимъ $2v = \gamma - \alpha$.

Повторяютъ объясненное дѣйствіе нѣсколько разъ; полагая, что третье отсчитаніе верньера равно ϑ , получимъ $3v = \vartheta - \alpha$ и вообще, если отсчитаніе верньера при n -омъ повтореніи равно ϵ , то будетъ $nv = \epsilon - \alpha \dots$ (1) Если показатель верньера переходилъ p разъ черезъ черту 360° лимба, то получимъ по уравненію (1) и по (§ 58).

$$nv = (p \cdot 360 + \epsilon) - \alpha \text{ и } v = \frac{\epsilon - \alpha}{n} + \frac{360^\circ p}{n} \dots (2).$$

При четырехъ верньерахъ, выражающихъ въ началѣ измѣренія отсчитанія $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$, а въ концѣ $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3, \epsilon_4$, и означая черезъ p_1, p_2, p_3, p_4 , числа, показывающія сколько разъ показатель переходитъ черезъ нуль или 360° и чрезъ v_1, v_2, v_3, v_4 , величины угловъ, получаемыя отсчитаніями каждаго верньера, имѣемъ $v = \frac{v_1 + v_2 + v_3 + v_4}{4}$, а по уравненію (2) получимъ

$$v = \frac{(\epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3 + \epsilon_4) - (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4) + (p_1 + p_2 + p_3 + p_4) \cdot 360^\circ}{4n}$$

Таблица для записыванія отсчитаній верньеровъ при повторенномъ измѣреніи угловъ располагается слѣдующимъ образомъ:

Сторонн.	Углы.	Отсчитанія верньеровъ.				число повтореній	Величины угловъ.	Замѣчанія.
		I.	II.	III.	IV.			
В	ABC	6° 23' 30"	96° 20' 45"	186° 30' 10"	276° 20' 35"	4	62° 33' 2,5"	При 4 повтореніи верньеры III и IV перешли черезъ нуль.
		236° 35' 20"	346° 40' 10"	76° 35' 25"	166° 34' 45"			
Е	DEF	186° 5' 20"	276° 5' 25"	6° 5' 30"	96° 5' 35"	4	65° 44' 45"	При 1-мъ отсчитаніи верньеры III и IV перешли черезъ нуль.
		89° 4' 25"	179° 4' 30"	269° 4' 20"	359° 4' 35"			

Лимбы, имѣющіе въ діаметрѣ 14 дюймовъ, раздѣляютъ отъ 5 до 5 минутъ, а для верньера берутъ 74 части лимба, т. е. дугу въ $6^{\circ} 10'$ и дѣлятъ эту дугу на 75 частей. Здѣсь $a = 5'$, $n + 1 = 75$, слѣдовательно $a - x = \frac{5'}{75} = 4''$. На этихъ верньерахъ черты 15-ая, 30-ая, 45-ая, 60-ая и 75-ая означаются цифрами 1, 2, 3, 4 и 5, выражающими минуты.

§ 66. *Измѣреніе вертикальныхъ угловъ.* Для опредѣленія вертикальныхъ угловъ употребляется кругъ, прикрѣпленный своимъ центромъ (§ 63) къ выдающейся цапфѣ въ положеніи перпендикулярномъ къ оси OO' вращенія зрительной трубы теодолита: на подставкѣ, ближайшей къ вертикальному кругу, утвержденъ верньеръ. Условіе, которое должно быть выполнено вертикальнымъ кругомъ, состоитъ въ томъ, чтобы показатель верньера совмѣстился съ нулемъ градуснаго дѣленія при горизонтальномъ положеніи оптической оси трубы. Градусныя дѣленія расположены отъ нуля въ обѣ стороны. Если при горизонтальномъ положеніи оптической оси pq (фиг. 120), пока-

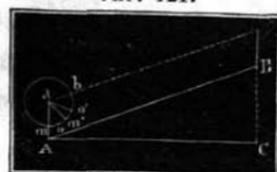
казатель верньера совмѣщается съ какою-нибудь чертою m , а не съ чертою нулеваго дѣленія, то вертикальные углы, измѣряемые дугою pS , будутъ болѣе истинной величины дугою om , а углы измѣряемые дугою or получатся менѣе настоящаго дугою om . Для опредѣленія величины дуги om , должно поставить теодолитъ на оконечности A (фиг. 121) наклонной линіи AB и направить лучъ зрѣнія на колы, поставленный въ

точкѣ B ; высота этого кола должна равняться превышенію оси OO' надъ точкою A . Тогда оптическая ось приметъ положеніе ab , параллельное къ линіи AB и уголъ tam' выражаетъ истинную величину угла BAC , потому-что прямая at перпендикулярна къ линіи AC и am' къ линіи AB ; но вмѣсто угла tam' получился уголъ $o'am'$, который болѣе угла tam' угломъ $t'ao'$. Означая уголъ $t'ao'$ чрезъ t и уголъ tam' чрезъ α , получимъ $\angle tao' = \angle t + \angle \alpha$. Переставивъ теодолитъ въ точку B , (фиг. 122) а колы въ A и наведя лучъ зрѣнія на вершину кола, получимъ вмѣсто угла tam' уголъ tao' ; означая уголъ tam' чрезъ α' и уголъ tao' чрезъ t , получимъ $\angle tao' = \alpha' - t$; но углы tao' въ обоихъ положеніяхъ теодолита равны между собою; слѣдовательно $t + \alpha = \alpha' - t$ или $2t = \alpha' - \alpha$, откуда $t = \frac{\alpha' - \alpha}{2}$. Отсюда слѣдуетъ, что изъ вели-

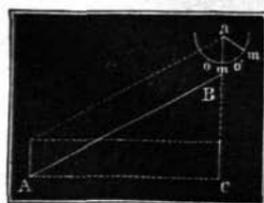
чины полученнаго угла tao' возвышенія должно вычесть $\frac{\alpha' - \alpha}{2}$, а къ углу пониженія придать эту величину t . Этотъ способъ имѣлъ-бы мѣсто, если-бы дѣйствительно возможно было помѣстить центръ инструмента надъ точками A и B . Если зрительная труба вращается въ вертикальной плоскости на 180° , то погрѣшность t можетъ быть опредѣлена другимъ образомъ. Наведя трубу на возвы-



фиг. 120.



фиг. 121.



фиг. 122.

шенный пунктъ, замѣчаютъ отсчетаніе α верньера; по обращеніи алидаднаго круга на 180° оптическая ось получить положеніе ab (фиг. 123) и глазное стекло будетъ на-

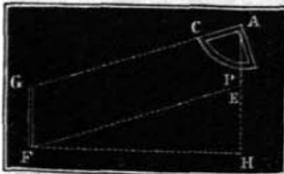


ходиться при точкѣ a . Потомъ вращаютъ трубу такъ, чтобы оптическая ось опять была наведена на пунктъ A ; тогда глазное стекло перейдетъ въ точку a' , а оптическая ось приметъ положеніе $a'b'$; пусть при этомъ отсчетаніе верньера равно β . Разность $\beta - \alpha$ отсчитаній верньера опредѣляетъ уголъ aCa' , составляемый прямыми ab и $a'b'$; но этотъ уголъ равенъ $180^\circ - 2x$, гдѣ x означаетъ уголъ, составляемый оптической осью съ горизонтальною линією hh' , а

потому $\beta - \alpha = 180^\circ - 2x$, откуда $x = 90^\circ - \frac{\beta - \alpha}{2}$. При $\alpha = x$, погрѣшность m равна нулю; если-же α разнится отъ x , то существуетъ ошибка въ положеніи показателя; а потому будетъ $m = \alpha - x = \alpha - \left(90^\circ - \frac{\beta - \alpha}{2}\right)$. Дѣленія на вертикальномъ кругѣ и его верньерѣ должны быть означены вѣрно. Ошибка, происходящая отъ выцентренности оси вращенія трубы съ центромъ вертикальнаго круга столь мала, что ею можно пренебречь.

§ 67. Для скорого и приближительнаго опредѣленія вертикальныхъ угловъ употребляются особенные инструменты, называемые вообще *эклиметрами* или *высотомѣрами*; они суть:

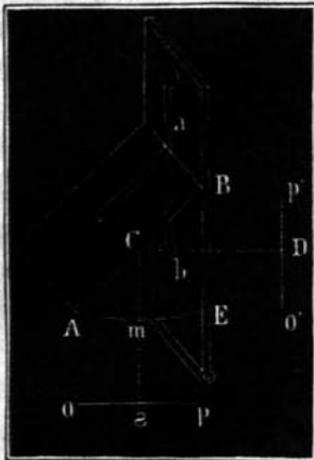
- 1) *квадрантъ* (фиг. 124), состоящій изъ дуги четверти круга, на



фиг. 124. которой означены дѣленія отъ 5 до 5 градусо-
совъ; въ центрѣ дуги прикрѣплена нить AP съ
отвѣсомъ. Нуль градуснаго дѣленія долженъ
покрываться нитью въ то время, когда край
 AC квадранта находится въ горизонтальномъ
положеніи. Употребленіе квадранта слѣдующее: ставъ на верхнюю
точку E линіи EF , уголъ наклоненія которой требуется опредѣлить,
направляютъ край AC на вершину G кола FG , имѣющаго равную вы-
соту съ глазомъ наблюдателя. Число градусо-
въ, заключенныхъ
между нулемъ и нитью отвѣса, опредѣляетъ величину угла EFH .

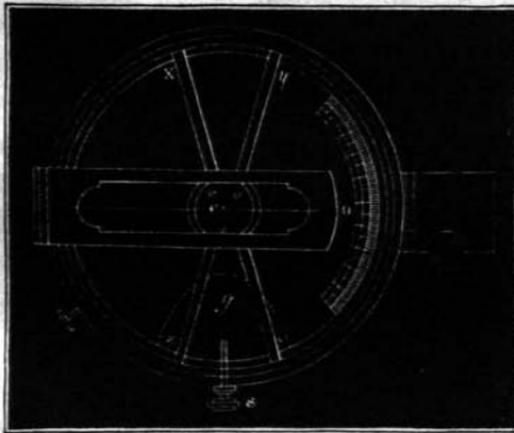
2) *высотомѣръ Шмалькальдера*, (фиг. 126) состоящій изъ мѣдной
цилиндрической коробки, закрываемой стекломъ; къ концамъ наруж-
наго ея діаметра прикрѣплены два діоптра: предметный и глазной,
вращающіеся на шарнирахъ; въ предметномъ діоптрѣ находится про-
долговатый прорѣзь, по длинѣ котораго натянутъ волосокъ; въ глаз-
номъ діоптрѣ (фиг. 125) прорѣзана узкая продолговатая скважина a ,
окончивающаяся снизу круглымъ отверстіемъ b . Къ внутренней по-

Фиг. 125.



отверстіе *b*, упадетъ въ глазъ, находящійся въ точкѣ *D*; линія *op*, проходящая чрезъ *S* представится наблюдателю въ обратномъ положеніи. Въ положеніи перпендикулярномъ ко дну коробки (Фиг.

Фиг. 126.



дѣленія; они изображены въ обратномъ видѣ для того, чтобы представились въ отверстіи *b* глазнаго діоптра въ прямомъ положеніи; къ кружку прикрѣплена гиря *g*. При вертикальномъ положеніи коробки и горизонтальности луча зрѣнія, направленного чрезъ діоптры, діаметръ кружка, проходящій чрезъ центръ тяжести гири приметъ вертикальное положеніе; концы діаметра, перпендикулярнаго къ вертикальному означены нулями; отъ нуля идутъ градусныя дѣленія въ

верхности глазнаго діоптра прикрѣплена хрустальная трехгранная и прямоугольная призма, заключенная въ мѣдной оправѣ; нижняя грань призмы дѣлается выпуклою, а уголъ, составляемый ею съ верхнею гранью равенъ 45° . Въ нижней грани оправы остается круглое отверстіе *m*; въ верхней дѣлается продолговатый прорѣзъ для пропусканія свѣта. Лучъ, исходящій изъ точки *S* чрезъ отверстіе *m*, упадетъ на грань *AB*; отъ ней онъ отразится по направленію *CD*, параллельному къ катету *AE* (*) и, проходя чрезъ

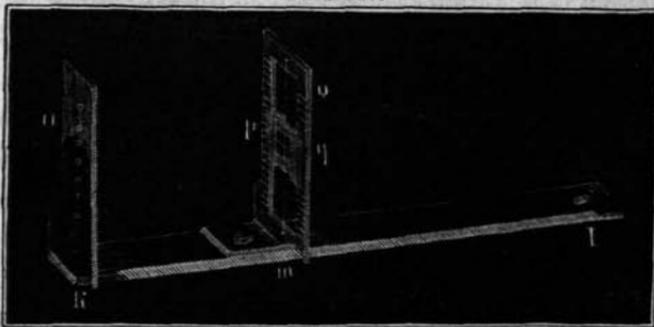
126) прикрѣпленъ въ его центрѣ шпиль, проходящій чрезъ центръ мѣднаго кружечка *s*, сдѣланнаго изъ одного куска металла съ радиусами *sx*, *sy*, *sz*, *sv*. На шпиль вращается мѣдный кружечекъ, коего діаметръ не многимъ меньше внутренняго діаметра коробки; этотъ кружечекъ покрытъ тонкою бумагою, на которой означены градусныя

(*) Уголъ паденія $\angle Acm$ равенъ углу $\angle BCD$ отраженія; $\angle Acm = \angle ABE = 45^\circ$; следовательно $\angle BCD = 45^\circ$; $\angle Acm + \angle BCD = 90^\circ$; а потому $\angle DCS = 90^\circ$.

обѣ стороны до 45° . Посредствомъ винта *S* прекращается вращеніе кружка съ гирею. Направляя лучъ зрѣнія чрезъ скважину *a* глазнаго діоптра и въ то-же время чрезъ отверстіе *b*, увидимъ волосокъ предметнаго діоптра и подъ нимъ изображеніе полписи градуснаго дѣленія. При употребленіи этого инструмента ставятъ его въ одной оконечности данной линіи, ослабляютъ винтъ *S*, приводятъ коробку въ вертикальное положеніе и наводятъ діоптры на коль, поставленный въ другой оконечности (какъ при употребленіи квадранта). Число градусовъ, видимое въ стеклѣ глазнаго діоптра, опредѣляетъ величину искомаго угла.

3) *Діоптрическая линейка Лемана* (Фиг. 127) состоитъ изъ линейки съ двумя діоптрами: предметный имѣетъ свободное движеніе вдоль

Фиг. 127.



по линейкѣ такъ, что онъ можетъ быть привинченъ въ концѣ *l* и въ точкѣ *m* линейки. Крайнія отверстія неподвижнаго глазнаго діоптра отстоятъ отъ верхней

поверхности линейки на разстояніяхъ равныхъ высотамъ крайнихъ точекъ волоска предметнаго діоптра. Въ пазахъ предметнаго діоптра двигается рамочка *pq*, на которой натянута горизонтальная нить. Разстояніе *km* между діоптрами равно длинѣ волоска; внутренняя поверхность предметнаго діоптра между крайними точками волоска раздѣлена на 100 равныхъ частей такъ, чтобы посредствомъ верньера, находящагося на рамочкѣ *pq*, возможно было отсчитать положеніе горизонтальной нити. При употребленіи этого инструмента закрѣпляютъ предметный діоптръ къ линейкѣ въ разстояніи *km* (Фиг. 128) отъ глазнаго діоптра и, поставивъ линейку на совершенно горизонтальной плоскости, визируютъ чрезъ нижнее отверстіе глазнаго діоптра и чрезъ волосокъ

Фиг. 128.



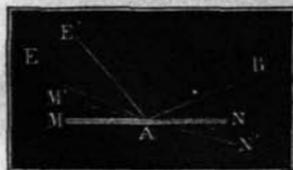
предметнаго на возвышенную точку *f*; при этомъ приподнимаютъ или опускаютъ рамочку *pq* такъ, чтобы пересѣченіе волосковъ находилось на линіи визировація; тогда горизонтальный волосокъ будетъ находиться на про-

долженіи какой-нибудь черты дѣлений, означающихъ длины тангенсовъ угловъ отъ 5 до 5 градусовъ при радіусѣ равномъ km ; слѣдовательно черта, совмѣстившаяся съ горизонтальнымъ волоскомъ, опредѣляетъ длину тангенса ct , а число, стоящее подлѣ этой черты, выражаетъ величину угла km .

Примѣчаніе. Для опредѣленія высоты Vf , должно на внутренней поверхности предметнаго діоптра отыскать черту, пересѣкаемую линією kf визировапія. Положимъ, что горизонтальное разстояніе AB точекъ A и f равно 35 сажениамъ (это разстояніе можетъ быть опредѣлено на планѣ по масштабу) и что точка c находится на 23 дѣленіи; тогда изъ пропорціи: $100 : 23 = 35 : x$ опредѣляется линія fg ; вся высота $Vf = Am + fg$.

§ 68. *Объ отражательныхъ инструментахъ.* Инструменты, опредѣляющіе величины угловъ непосредственно однимъ визированіемъ, называются отражательными. Устройство ихъ основывается на томъ, что въ вершинѣ измѣряемаго угла получаютъ въ то-же время направленія обѣихъ линій визировапія, проходящихъ по его сторонамъ; слѣдовательно устройство ихъ должно быть такое, чтобы одинъ изъ наблюдаемыхъ предметовъ представился глазу непосредственно, а другой чрезъ отраженіе вращающагося плоскаго зеркала одновременно съ первымъ и чтобы положеніе зеркала опредѣляло величину измѣряемаго угла. Устройство отражательныхъ инструментовъ основывается на слѣдующемъ началѣ: пусть MN (фиг. 129) представляетъ зеркало, AE падающій лучъ, AR его отраженіе, AE' другой падающій лучъ, лежащій съ первымъ въ одной

фиг. 129.



плоскости; онъ отразится по направленію AR , когда зеркало приметъ положеніе $M'N'$. Тогда $\angle RAN = \angle EAM = \angle \alpha$ и $\angle RAN' = \angle E'AM'$ или полагая, что $\angle NAN' = \angle MAM' = \angle x$,

получимъ $\angle RAN' = \angle \alpha + \angle x$ и $\angle E'AM' = \angle EAE' + \angle EAM' = \gamma + (\alpha - x)$; но также $\angle RAN' = \angle E'AM'$, слѣдовательно $\alpha + x = \gamma + \alpha - x$; откуда

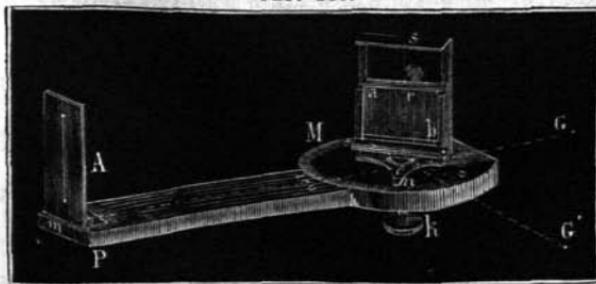
$x = \frac{1}{2} \gamma$ или $\gamma = 2x$. Отсюда слѣдуетъ: если лучъ, падающій на зеркало, отразится по извѣстному направленію и другой лучъ лежитъ съ первымъ въ одной плоскости и составляетъ съ нимъ уголъ γ , то для отраженія втораго луча по направленію перваго отраженнаго, должно обращать зеркало на уголъ, равный $\frac{1}{2} \gamma$. Если изобра-

женіе какого-нибудь предмета E отразится въ глазъ по направленію AR и если, по обращеніи зеркала на уголъ φ , другой предметъ отразится по тому-же направленію, то уголъ, составляемый лучами EA и $E'A$, равенъ 2φ . Отражательные инструменты устроиваются слѣдующимъ образомъ: на алидадѣ помѣщается зеркало въ положеніи, перпендикулярномъ къ плоскости лимба такъ, чтобы оно было прикрѣплено къ алидадѣ въ центрѣ ея вращенія. Такъ какъ удвоенный уголъ, составляемый двумя положеніями зеркала, равенъ углу, составляемому линіями визированія, то на лимбѣ помѣщается удвоенная градусная подпись для того, чтобы непосредственно получать величину измѣряемаго угла. При употребленіи инструмента, должно его помѣстить такъ, чтобы зеркало находилось надъ вершиною измѣряемаго угла, а поверхность лимба была параллельна къ плоскости этого угла. Слѣдовательно этими инструментами опредѣляются величины самыхъ угловъ, а не горизонтальныхъ ихъ проекцій; потому должно углы, получаемые измѣреніемъ, проектировать на горизонтальную плоскость. Однако въ низшей Геодезіи отражательные инструменты употребляются преимущественно въ тѣхъ случаяхъ, когда плоскость, проходящая чрезъ стороны даннаго угла, горизонтальная или близко къ ней подходящая. Лимбъ приводится въ горизонтальное положеніе по бѣльшей части на глазъ.

Условія, требуемыя отъ вѣрно-устроеннаго отражательнаго инструмента, суть: 1) чтобы зеркало находилось на оси вращенія алидады; 2) чтобы плоскость зеркала была перпендикулярна къ плоскости лимба.

Разсмотримъ устройство употребительнѣйшихъ отражательныхъ инструментовъ:

§ 69. *Линейка Петто.* Къ линейкѣ MP (фиг. 130) прикрѣплены лимбъ и глазной діоптръ;



фиг. 130.

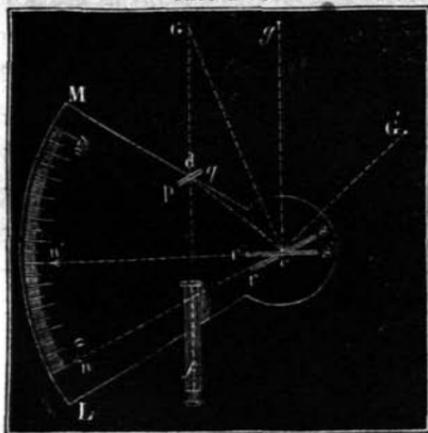
sen служитъ алидадою, имѣющею при n показателъ и верньеръ; скобленая часть плоскаго зеркала замѣняетъ предметный діоптръ. На зеркалѣ означена прямая cs ,

перпендикулярная къ верхней поверхности линейки MP . Алидада

вращается на оси, проходящей чрезъ c , пересѣченіе линій cs и st . Прямая sa должна быть перпендикулярна къ плоскости ab зеркала и совмѣщаться съ нулемъ градуснаго дѣленія лимба, когда ab находится въ одной вертикальной плоскости съ прямою st . Дѣленія на лимбѣ подписаны удвоенными цифрами отъ нуля до 180 и отъ 180 до 0. Для измѣренія угла GCG' , даннаго на мѣстности, держать инструментъ точкою c отвѣсно надъ вершиною C такъ, чтобы лучъ зрѣнія былъ направленъ чрезъ прорѣзь глазнаго діоптра A и черту rs на предметъ G ; въ то же время вращаютъ зеркало до тѣхъ поръ, пока изображеніе предмета G' представится въ зеркалѣ подъ чертою rs . Положеніе показателя n означаетъ на лимбѣ градусную величину измѣряемаго угла. Чтобы изображеніе предмета G' представилось подъ чертою rs , необходимо, чтобы падающій лучъ $G'c$ отразился по направленію прямой st .

§ 70. Секстантъ (фиг. 131). Онъ состоитъ изъ сектора, дуга котораго содержитъ 60° ; къ концу алидадой линейки придѣланъ верньеръ n ; въ центрѣ лимба утверждено плоское зеркало rs въ положеніи, перпендикулярномъ къ поверхности лимба; это зеркало вмѣстѣ съ алидадою вращается на оси, проходящей чрезъ точку c ; къ лимбу прикрѣплено другое меньшее зеркало также перпендикулярно къ поверхности лимба; одна половина малаго зеркала соскребивается; оно должно имѣть положеніе параллельное къ плоскости большаго зеркала въ то время, когда показателю n алидады совмѣщается съ нулемъ градуснаго дѣленія лимба. Къ лимбу прикрѣпляется зрительная труба такъ, чтобы ея оптическая ось была параллельна къ его поверхности; она должна имѣть такое положеніе, чтобы въ ней представилось все зеркало pq . Посредствомъ винтовъ труба поднимается или опускается; алидаду приводятъ въ движеніе рукою, а для точнаго наведенія приспособленъ къ ней микрометрическій винтъ.

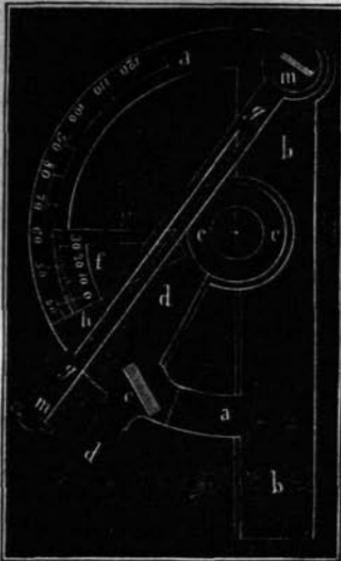
фиг. 131.



При измѣреніи угла GCG' держать инструментъ точкою c отвѣсно надъ вершиною C ; лимбу дать такое положеніе, чтобы предметъ G представился глазу непосредственно въ соскребленной части зеркала pq , а также, чтобы по отраженіи отъ зеркалъ rs и pq , его изображеніе показалось въ трубѣ. Это достигается вращеніемъ алидады съ зеркаломъ rs до тѣхъ поръ, пока предметъ G , видимый въ соскребленной части, и изображеніе его кажутся въ трубѣ совмѣщающимися. Замѣтивъ отсчитаніе α верньера n , вращаютъ алидаду до тѣхъ поръ, пока зеркало rs приметъ положеніе $r's'$, отъ котораго падающій лучъ $G'c$, отражающійся по направленію cd , вторично отразится отъ зеркала pq въ трубу; слѣдовательно въ ней представятся изображенія G и G' совмѣщающимися. Замѣтивъ при этомъ положеніи алидады отсчитаніе β верньера n' , получимъ дугу nn' , равную $\alpha + \beta$, описываемую алидадою; слѣдовательно $2(\alpha + \beta)$ выражаетъ величину угла GCG' .

§ 71. *Рефлекторъ или полукругъ Дуллеса* (фиг. 132) состоитъ изъ мѣднаго полукруга, прикрѣпленнаго къ линейкѣ *b*. Въ центрѣ его вращается кружокъ *c*, къ которому прикрѣплена линейка *d*. Край этой линейки проходитъ со всею точностью чрезъ центръ полукруга *a*. На верхней поверхности линейки помѣщено сплошное зеркало *e* въ положеніи перпендикулярномъ къ плоскости полукруга; также прикрѣпленъ къ ней верньеръ *f*, съ помощью котораго углы опредѣляются отъ 2 до 2 минутъ. Въ точкѣ *m* окружности помѣщена ось, около которой вращается алидада; надъ этой осью прикрѣплено зеркало, часть котораго соскоблена. На противоположномъ концѣ алидады помѣщенъ

фиг. 132.



глазной діоптръ. Въ алидадѣ слѣпанъ продолговатый вырѣзь *gg*, въ который входитъ шпинецъ *h*, утвержденный на линейкѣ *d*. Слѣдовательно, если линейка *d* описываетъ дугу, измѣряющую уголъ при центрѣ полукруга, то алидада въ то-же время описываетъ дугу, соответствующую углу, вершина котораго лежитъ на окружности. Для этого необходимо, чтобы разстояніе шпинецка *h* отъ центра полукруга было равно разстоянію оси вращенія алидады отъ того-же центра. Приложивъ край подвижной линейки *d* къ краю неподвижной *b*, приводятъ нуль верньера въ совмѣщеніе съ нулемъ градуснаго дѣленія лимба и зеркала въ взаимно-параллельное положеніе. Тогда при визируваніи чрезъ діоптръ покажется наблюдателю предметъ въ соскобленной части зеркала *m*, и въ то-же время отраженное изображеніе этого предмета въ несоскобленной части. Употребленіе этого инстру-

мента основывается на слѣдующемъ началѣ: положимъ, что зеркала *AB* и *MN* (фиг. 133) параллельны между собою и что глазъ наблюдателя находится въ точкѣ *F* продолженнаго діаметра *ef*; изображеніе предмета *O*, отражающееся отъ зеркала *AB* въ несоскобленной части зеркала *MN*, покажется глазу наблюдателя подъ предметомъ *O*, видимымъ въ соскобленной части. При положеніи *ab* зеркала *AB* точка *d* описала дугу *dd'*; въ то-же время зеркало *MN*

фиг. 133.



основывается на слѣдующемъ началѣ: положимъ, что зеркала *AB* и *MN* (фиг. 133) параллельны между собою и что глазъ наблюдателя находится въ точкѣ *F* продолженнаго діаметра *ef*; изображеніе предмета *O*, отражающееся отъ зеркала *AB* въ несоскобленной части зеркала *MN*, покажется глазу наблюдателя подъ предметомъ *O*, видимымъ въ соскобленной части. При положеніи *ab* зеркала *AB* точка *d* описала дугу *dd'*; въ то-же время зеркало *MN*

приняло положеніе mn и точка f описала дугу ff' , равную дугѣ dd' . При движеніи зеркаль измѣняется ихъ параллельность; уголь β' , составляемый прямыми AB и ab равенъ углу $dCd' = \gamma$ вращенія: уголь ϵ , составляемый прямыми MN и mn равенъ углу $fef' = \vartheta$, описываемому діаметромъ ef , но $\angle \gamma = 2\angle \vartheta$. Продолживъ основанія MN , mn и ab зеркаль до точекъ p и q пересѣченія, получимъ $\angle \beta = \angle \beta'$, потому-что прямая Np параллельна къ AB ; $\angle \beta = \angle \epsilon + \angle \alpha$, какъ внѣшній треугольника epq ; слѣдовательно $\angle \beta = 2\angle \epsilon$, а потому $2\angle \epsilon = \epsilon + \alpha$ и наконецъ $\angle \epsilon = \angle \alpha$; отсюда $\angle \alpha = \frac{\beta'}{2} = \frac{\gamma}{2}$, т. е. уголь, составляемый зеркалами, равенъ половинѣ угла, описываемаго радіусомъ, на которомъ помѣщено зеркало AB . Если глазъ находится въ точкѣ F' , то предметъ H покажется въ соскобленной части зеркала MN , а въ несокобленной части получится изображеніе предмета G въ томъ случаѣ, когда уголь $ed'a$ равенъ углу $Gd'b$; но извѣстно, что уголь, составляемый предметами на мѣстности, равенъ удвоенному углу наклоненія зеркаль, т. е. $\angle Hd'G = 2\angle \alpha$; изъ предъидущаго $\angle \alpha = \frac{\gamma}{2}$, слѣдовательно $\angle Hd'G = \angle \gamma$, откуда слѣдуетъ, что дуга dd' или ff' измѣряетъ уголь $Hd'G$. Слѣдовательно, если сплошное зеркало описываетъ около центра дугу, а соскобленное зеркало около точки окружности дугу, равную первой, то уголь, составляемый предметами, равенъ углу при центрѣ. Положеніе зеркала MN относительно діаметра ef и зеркала AB относительно радіуса Cd зависитъ отъ постоянной дуги fd , означающей разстояніе середины зеркала AB отъ діаметра ef . Положеніе зеркаль опредѣляется слѣдующимъ образомъ: пусть дуга fd содержитъ 12° ; тогда $\angle fed = 6^\circ$, но $\angle Mef = \angle Ned$ и $\angle Mef + \angle fed + \angle Ned = 180^\circ$; слѣдовательно $\angle Mef = 90^\circ - \frac{1}{2}\angle fed = 87^\circ$; также $\angle edA = \angle Ned = 87^\circ$ по параллельности зеркаль AB и MN ; и $\angle Cde = \angle Ced = 6^\circ$, потому-что треугольникъ eCd равнобедренный, откуда $\angle CdA = 87^\circ - 6^\circ = 81^\circ$. Углы, измѣренные рефлекторомъ, можно наносить на бумагу или посредствомъ транспортира или графически. Для построенія угла графически, проводятъ на бумагѣ прямую линію; приложивъ къ ней край неподвижной линейки bb и проведя карандашемъ по краю подвижной линейки dd черту, получаютъ на бумагѣ уголь, равный измѣренному.

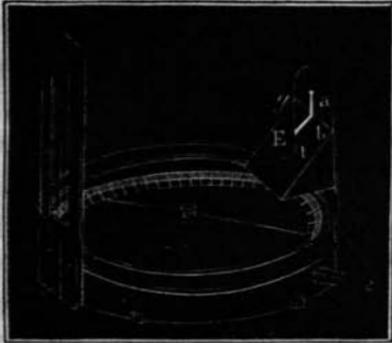
§ 72. Катоптрическій циркуль Гешеля. Этотъ инструментъ отли-

чается отъ секстанта тѣмъ, что алидада его оканчивается циркулярной ножкою; такая-же ножка находится и при чертѣ нулеваго дѣленія лимба. Такимъ образомъ разстояніе между оконечностями ножекъ одредѣляетъ хорду половины измѣряемаго угла при извѣстномъ радиусѣ инструмента или разстояніи между точкою вращенія алидады и оконечностью ножки. Инструментъ долженъ быть легокъ, чтобы безъ затрудненія возможно было откладывать на бумагѣ найденныя хорды.

§ 73. *О буссоляхъ.* Въ природѣ существуетъ руда, имѣющая свойство притягивать къ себѣ желѣзо или сталь. Эта руда называется *естественнымъ магнитомъ*. Закаленная сталь, будучи натераема естественнымъ магнитомъ или, какъ говорятъ, будучи намагничена, получаетъ его силу, т. е. сама дѣлается магнитомъ. Намагниченная стальная полоска, свободно вращающаяся на шпиль, называется *магнитною стрѣлкою*. Она имѣетъ слѣдующее свойство: получивъ свободное движеніе въ горизонтальной плоскости, она послѣ нѣсколькихъ колебаній останавливается и обращается однимъ своимъ концемъ къ сѣверу, другимъ къ югу; а потому принято называть конецъ стрѣлки, постоянно обращающійся къ сѣверу *сѣвернымъ* — ему противоположный *южнымъ*. Прямая, соединяющая концы стрѣлки, называется ея *осью*, а вертикальная плоскость, проходящая чрезъ ось — *магнитнымъ меридіаномъ*. Географическій меридіанъ не совмѣщается съ магнитнымъ; уголъ, ими составляемый, называется *склоненіемъ* стрѣлки, которое бываетъ *западное*, когда сѣверный конецъ стрѣлки отклоняется отъ сѣвернаго полюса земли къ западу и *восточное*, когда онъ отходитъ къ востоку. Магнитная стрѣлка, будучи насажена своимъ центромъ тяжести на шпиль, опускается сѣвернымъ концемъ въ низъ; уголъ, составляемый ея осью въ горизонтальной линіи, называется *наклоненіемъ*. Прямая, означающія направленія оси стрѣлки въ различныхъ точкахъ снимаемой мѣстности, находящихся слѣдовательно въ недалекихъ разстояніяхъ одна отъ другой, принимаются параллельными между собою; на этомъ основывается употребленіе инструментовъ, называемыхъ *буссолями*. — Магнитной стрѣлкѣ даютъ по большей части видъ продолговатаго параллелограмма; въ срединѣ ея оставляется отверстіе, надъ которымъ прикрѣпляется пустой мѣдный или агатовый конусъ, называемый *шляпкою*; стрѣлка насаживается шляпкою на шпиль.

§ 74. *Отражательная буссоль Шмалькальдера* состоитъ изъ мѣдной цилиндрической коробки, въ которой вращается магнитная стрѣлка на шпиль. Къ концамъ стрѣлки прикрѣпляется кружокъ, дѣлаемый изъ бумаги или тонкаго серебра. Къ концамъ наружнаго діаметра коробки придѣланы два діоптра, вращающіеся на шарнирахъ (§ 67 о высотомѣрѣ Шмалькальдера). На кружкѣ расположены градусныя дѣленія отъ южнаго конца стрѣлки къ западу до 360° .

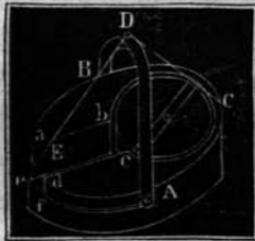
фиг. 134.



Для прекращенія движенія стрѣлки приподнимають ее рычагомъ къ стеклу, покрывающему коробку. При употребленіи буссоли держать ее въ рукѣ или навинчиваютъ на коль. Глазной діоптръ приподнимается или опускается для того, чтобы возможно было установить отверстіе *b* на разстояніи яснаго зрѣнія.

§ 75. *Буссоль Бюрнера* состоитъ изъ деревяннаго цилиндра съ овальнымъ дномъ; въ немъ выдолбленъ цилиндръ съ круговымъ основаніемъ; въ центрѣ его утверждень шпиль, на которомъ вращается магнитная стрѣлка. Къ концамъ ея прикрѣпленъ ободокъ, на поверхности котораго означены градусныя дѣленія такимъ-же образомъ, какъ въ отражательной буссоли, но съ тѣмъ различіемъ, что цифры поставлены въ прямомъ видѣ. По направленію большаго діаметра овальнаго цилиндра сдѣланъ прорѣзъ *abcd* до ободка, высотой равную высотѣ выдолбленнаго цилиндра. Въ концѣ прорѣза у наружной поверхности цилиндра вправлено увеличительное стекло *adef* (лупа). Къ концамъ діаметра *AB* прикрѣплены шпинки, на коихъ вращается мѣдная дуга *ADB*; эта дуга можетъ принимать перпендикулярное положеніе къ верхней поверхности коробки, а также входитъ въ вырѣзъ *Ad*, сдѣланный на боковой поверхности. Къ концамъ большаго діаметра прикрѣпленъ конскій волосокъ *CDE*, проходящій чрезъ наивысшую точку *D* дуги. При отвѣсномъ положеніи дуги волосокъ вытягивается и въ этомъ положеніи замѣняетъ діоптры.

фиг. 135.

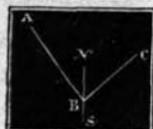


При отвѣсномъ положеніи дуги волосокъ вытягивается и въ этомъ положеніи замѣняетъ діоптры.

§ 76. Измѣреніе угловъ буссолями описаннаго устройства производится слѣдующимъ образомъ: поставивъ буссоль надъ вершиною

измѣряемаго угла и приведа верхнюю ея поверхность на глазъ въ горизонтальное положеніе, наводятъ лучъ зрѣнія на предметъ А; при этомъ стрѣлка принимаетъ послѣ нѣсколькихъ колебаній положе-

Фиг. 136.

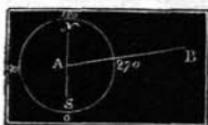


Фиг. 137.



ніе NS. При наведеніи діоптровъ на предметъ С, положеніе NS стрѣлки не измѣняется. Величина угла ABC получится: 1) сложеніемъ угловъ NBA и NBC (Фиг. 136) или 2) вычитаніемъ угла NBA изъ угла NBC (Фиг. 137). Углы NBA, NBC, составляемые магнитнымъ меридіаномъ съ линіями визированія, называются *магнитными азимутами*; они опредѣляются слѣдующимъ образомъ: поставивъ буссоль

Фиг. 138.



на оконечности линіи АВ (Фиг. 138), наводятъ діоптры или волосокъ на другую оконечность В; градусная подпись, представляющаяся глазу въ отверстіи *b* подъ прорѣзомъ *a* (см. § 67 высотомѣръ Шмалькальдера, о

глазномъ діоптрѣ) или въ лупѣ (буссоль Бюрньера) подъ волоскомъ, означаетъ градусную величину азимута; дѣйствительно (Ф. 139) $\angle NAB = \angle SAD$, а уголъ SAD измѣряется дугою, заключенною между нулемъ и дѣленіемъ, находящимся предъ глазомъ наблюдателя. При опредѣленіи азимутовъ сторонъ измѣряемаго угла для отысканія его градусной величины, встрѣчаются три случая: 1) когда оба азимута менѣе

Фиг. 139.



180°; 2) когда одинъ изъ нихъ болѣе 180°; и 3) когда оба болѣе 180°. Въ первомъ случаѣ уголъ BAC (Фиг. 139) равенъ углу DAE, измѣряющемуся дугою $ED = \cup ES - \cup DS$. Во второмъ случаѣ уголъ BAC (Фиг. 140) содер-

Фиг. 140.



житъ число градусовъ, равное числу градусовъ, находящемуся въ $\cup ED = \cup EDS - \cup DS$. Или (Ф. 141) уголъ $ABC = \cup ac = \cup ED = \cup ES + \cup SD = ES + 360^\circ - SEND$ Въ третьемъ случаѣ (Фиг. 142) уголъ ACB

Фиг. 142.



$= \cup ab = \cup ED = \cup SND - \cup SNE$.

Фиг. 141.



Углы, измѣренные буссолью, наносятся на бумагу, построивъ углы, равные азимутамъ его сторонъ; а потому при измѣреніи угловъ должно замѣтить градусную величину магнитныхъ азимутовъ. Если магнитный азимутъ менѣе 180°, то для построенія угла ему равнаго при какой-нибудь точкѣ *a*, должно чрезъ нее провести прямую *as*, параллельную къ краю бумаги и означающую направление магнитнаго

Фиг. 143.



меридіана (Фиг. 143). Азимуть NAB измѣряется дугою $ES = \cup DN$, а потому принято наносить градусную величину азимутовъ отъ точки n вправо, т. е. отъ сѣвера къ востоку; дѣйствительно построивъ уголъ nab равный EAS , замѣчаемъ, что прямая ab имѣетъ относительно ns такое-же положеніе, какое имѣетъ линія AB относительно магнитнаго меридіана NS . Если азимуть болѣе 180°

Фиг. 144.



(Фиг. 144), т. е. равенъ суммѣ $\cup SE + \cup EN + \cup ND$, то должно на бумагѣ построить вправо отъ точки n прямой ns уголъ, измѣряющійся дугою $NDSE$, равную дугѣ $SEND$. Построенный уголъ nsx также можно получить нанесеніемъ угла $sxy = \angle SAB = \cup SND - 180^\circ$.

Изъ предыдущаго слѣдуетъ: если азимуть менѣе 180° , то его величина наносится отъ сѣвернаго конца n вправо; если-же онъ болѣе 180° , то, вычитая изъ его величины 180° , наносятъ полученный остатокъ отъ южнаго конца s влѣво.

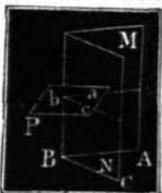
Примѣръ. Построить на бумагѣ уголъ, азимуты сторонъ котораго равны 326° и 43° . Проведя прямую ns (Фиг. 145), построимъ уголъ $nab = 43^\circ$ и уголъ $sac = 326^\circ - 180^\circ = 146^\circ$. Измѣренный уголъ $bac = 43^\circ + (360^\circ - 326^\circ) = 77^\circ$.

Фиг. 145.



§ 77. *Объ инструментахъ, опредѣляющихъ углы графически.* Опредѣленіе горизонтальныхъ проекцій угловъ инструментами, дающими углы графически, производится слѣдующимъ образомъ: помѣстивъ горизонтальную плоскость P въ

Фиг. 146

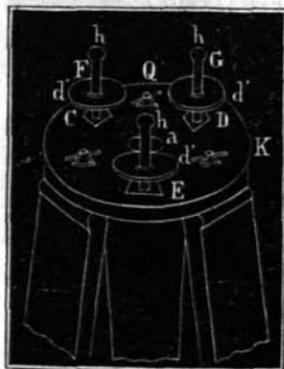


вершинѣ измѣряемаго угла и отмѣтивъ на ней горизонтальную проекцію b точки B (Фиг. 146), наводятъ лучи зрѣнія чрезъ b на предметы A и C . Проведя на плоскости P карандашемъ прямыя ba и bc , означающія горизонтальныя проекціи линій визировація, получимъ требуемую горизонтальную проекцію abc угла ABC . Отсюда слѣдуетъ, что подобныя инструменты должны состоять: 1) изъ плоскости, удобно приводимой въ горизонтальное положеніе и легко устанавливаемой надъ вершиною даннаго угла, и 2) изъ снаряда, съ помощію котораго возможно опредѣлять на бумагѣ горизонтальныя проекціи линій визировація. Разсматриваемые инструменты имѣютъ то преимущество предъ описанными въ предыдущихъ §§, что изобра-

женіе угловъ, ими опредѣляемыхъ, получается непосредственно на бумагѣ.

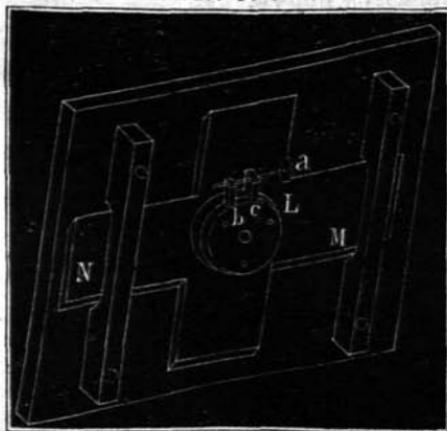
Инструменты, дающіе углы графически, состоятъ: 1) изъ деревянной доски, на которой наклеивается бумага (*), 2) изъ штатива для установки инструмента на мѣстности, и 3) изъ механизма для вращения доски и приведенія ея въ горизонтальное положеніе. Употребительнѣйшій изъ подобныхъ инструментовъ есть *мензула*, называемая также *планшетомъ* или *геометрическимъ столикомъ*. Устройство мензулы весьма различное; рассмотримъ наиболѣе у насъ употребительныя геометрическія столики.

§ 78. *Мюнхенская мензула*. Устройство ея штатива, изобрѣтеннаго механикомъ Рейхенбахомъ, объяснено выше (§ 46). Гайки Q, Q, Q (фиг. 147) служатъ, какъ извѣстно, для закрѣпленія или ослабленія ножекъ. На доскѣ K сдѣланы еще три



фиг. 147.

прорѣза, находящіеся въ вершинахъ равно-
стороннаго треугольника CDE; въ эти прорѣзы
вставлены втулки съ винтовыми нарѣзками, въ
которыхъ проходятъ винты F, G, H, имѣющіе
кружки d, d, d и шарообразныя шляпки h, h, h.
Доска съ наклеенной бумагою, называемая *мен-
зульною*, накладывается на двухъ круглыхъ
доскахъ L (фиг. 148) равныхъ діаметровъ;
верхній кругъ наглухо прикрѣпляется къ



крестообразной доскѣ NM. Въ центрахъ круговъ K (фиг. 147) и L (фиг. 148) по направленію прямой, перпендикулярной къ ихъ поверхностямъ сдѣланы прорѣзы, въ которыхъ пропускается становой винтъ (§ 44). Мензульная доска соединяется съ крестообразной (ф. 148) двумя деревянными скобами, привинчиваемыми къ нижней поверхности квадратной доски. Однимъ концемъ прикрѣпляется становой

(*) Бумагу наклеиваютъ различнымъ образомъ, но наиболѣе употребляется слѣдующій способъ: вытянуть на доскѣ кусокъ калькору, прибавляютъ его гвоздями къ краямъ доски; потомъ, намазавъ крахмаломъ всю поверхность бумаги, прикладываютъ ее къ калькору.

винтъ наглухо къ крестообразной доскѣ и, проходя чрезъ К и L, онъ подъ доскою К завинчивается гайкою. Къ каждому изъ круговъ L придѣланы выступныя планочки *b* и *c*, соединенныя между собою микрометрическимъ винтомъ (фиг. 148). Наложивъ круги LL съ прикрѣпленной къ нимъ мензульной доскою на шляпки *h, h, h* подъемныхъ винтовъ, возможно прекращать грубое движеніе верхней части инструмента закрѣпленіемъ гайки становаго винта; обращеніемъ микрометрическаго винта *a* приближаются или удаляются выступныя планочки, а потому сообщается мензульной доскѣ медленное движеніе. Чтобы шляпки подъемныхъ винтовъ не углублялись въ деревянную доску L, прикрѣпляютъ къ нижней ея поверхности надъ шляпками три мѣдныхъ кольца. Ослабивъ винты скобъ, сообщаютъ квадратной доскѣ поступательное движеніе во всѣ стороны. Ослабивъ гайку становаго винта, приводятъ посредствомъ уровня и обращеніемъ подъемныхъ винтовъ мензульную доску въ горизонтальное положеніе (§ 43). Недостатки описаной мензулы суть: 1) квадратная доска не имѣетъ плавнаго вращательнаго движенія, потому что нижняя поверхность круговъ L лежитъ не на плоскости, а на трехъ точкахъ шарообразныхъ шляпокъ; 2) мертвый ходъ подъемныхъ винтовъ не можетъ быть уничтоженъ; 3) если эти винты отъ долгаго употребленія разшатаются въ своихъ гнѣздахъ, то должно при прекращеніи вращательнаго движенія доски съ усиленіемъ закрѣпить гайку становаго винта; чрезъ что крестообразная доска, къ которой привинченъ становой винтъ, легко подвергается порчѣ.

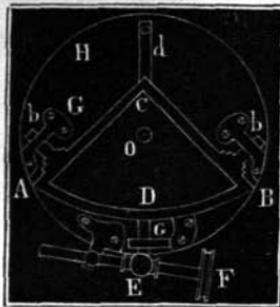
Нѣкоторые изъ этихъ недостатковъ уничтожены въ мензулахъ новѣйшаго устройства; въ особенности замѣчательны исправленія, сдѣланныя Дѣйствительнымъ Статскимъ Совѣтникомъ Рейссигомъ.

§ 79. Мензула, изобрѣтенная Генералъ-Маіоромъ Стефаномъ, во многомъ отличается отъ выше описанной. Главнѣйшее ея достоинство состоитъ въ томъ, что доска можетъ быть приведена въ горизонтальное положеніе и по закрѣпленіи становаго винта. Составныя части этой мензулы суть: три равнобедренные прямоугольные треугольника, соединенныя между собою посредствомъ винтовъ и шарнировъ. (*) Къ верхнему треугольнику прикрѣплена доска, къ которой привинчи-

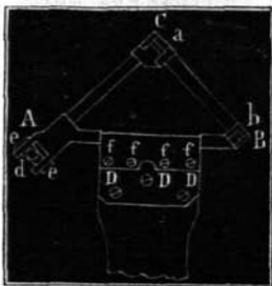
(*) Въ нынѣшнемъ году Генералъ Стефанъ замѣнилъ треугольники квадратами изъ дерева, обложенными по краямъ мѣдью; микрометрической винтъ дѣйствуетъ въ центрѣ штатива.

вается мензульная доска посредством ступового винта; къ нижнему треугольнику придѣланы ножки. Въ верхнемъ треугольникѣ дѣлается сторона, противулежащая прямому углу С (фиг. 149), въ видѣ дуги

фиг. 149.



фиг. 150.



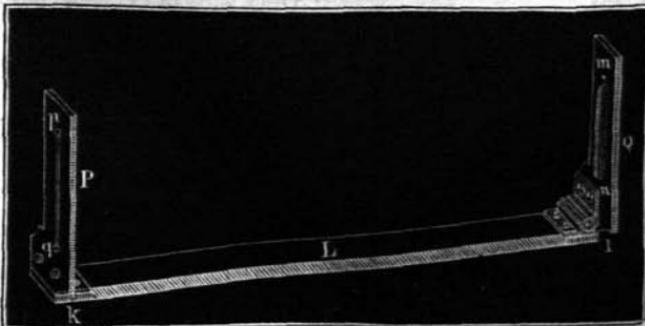
круга; этотъ треугольникъ дѣлается изъ одного куска мѣди съ прямыми выступами Cd , DE и дугообразными b , b . Этотъ треугольникъ вращается на оси, проходящей чрезъ центръ d дугъ AB , b и b . Скобы G, G, G придерживаютъ треугольникъ къ круглой доскѣ H ; посредствомъ микрометрическаго винта сообщается треугольнику медленное движеніе. Въ цилиндрическое отверстіе O пропускается становой винтъ. Стороны нижняго треугольника ABC (фиг. 150) дѣлаются цилиндрическими; они обхватываются мѣдными листами, какъ представлено на (фиг. 151). Эти листы прикрѣпляются къ ножкамъ винтами f, f, f, f и D, D, D . Этотъ треугольникъ соединяется съ среднимъ посредствомъ шарнировъ a и b ; вершины A нижняго и A' средняго треугольника могутъ быть сближаемы и удаляемы посредствомъ винта d , имѣющаго свое гнѣздо въ стержнѣ ee . Такимъ-же образомъ соединяется верхній треугольникъ съ среднимъ.

ф. 151.



§ 80. Для полученія на бумагѣ горизонтальныхъ проекцій сторонъ угла употребляется снарядъ, называемый алидадою. Она состоитъ изъ мѣдной линейки, къ концамъ которой (фиг. 152) прикрѣплены въ отвѣсномъ положеніи два діоптра: предметный

фиг. 152.

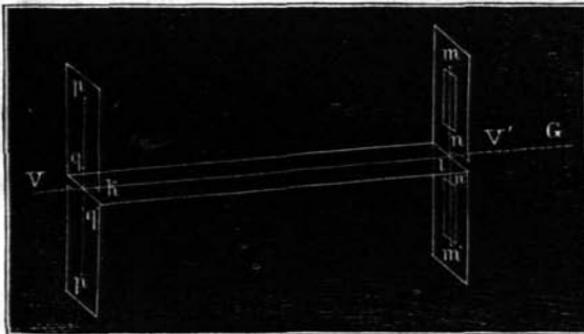


и глазной; алидада должна быть устроена такимъ образомъ, чтобы: 1) коллимаціонная плоскость діоптровъ была перпендикулярна къ нижней поверхности линейки и

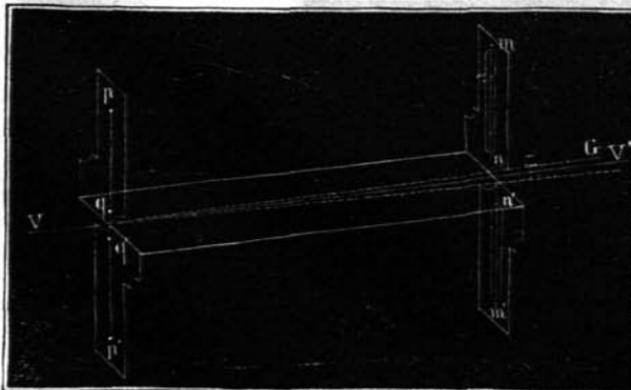
2) проходила чрезъ край линейки или была къ нему параллельна. Существованіе этихъ условій узнается слѣдующимъ образомъ: 1) по-

ставивъ алидаду на горизонтальной плоскости, наводятъ лучъ зрѣнія на какую-нибудь вертикальную линію мѣстности, на примѣръ, на край зданія или на веревку съ повѣшеннымъ грузомъ. Если при визированіи чрезъ всѣ отверстія глазнаго діоптра, волосокъ предметнаго по всей своей длинѣ кажется покрывающимъ замѣченную линію, то требуемое условіе выполнено. Въ противномъ случаѣ существуетъ погрѣшность, которую можно уничтожить перемѣщеніемъ волоска или самаго діоптра. Положеніе діоптра измѣняютъ, ослабивъ одинъ изъ винтовъ, которыми онъ прикрѣпленъ къ линейкѣ и подкладывая подъ поднятую часть кусочекъ бумаги. Если по сдѣланіи этой поправки, все таки волосокъ не совмѣщается съ вертикальной линіею, то это означаетъ, что глазоій діоптръ не перпендикуляренъ къ нижней поверхности линейки. Положеніе его исправляется винтиками, которыми онъ прикрѣпленъ къ линейкѣ. 2) Чтобы узнать, составляетъ ли край kl прямую линію, ставятъ алидаду на горизонтальной плоскости и проводятъ на ней карандашемъ по этому краю прямую линію; переставивъ алидаду такъ, чтобы точка k заняла мѣсто l и точка l мѣсто k , замѣчаютъ совмѣстился-ли край kl съ проведенной линіею.

фиг. 153.



фиг. 154.

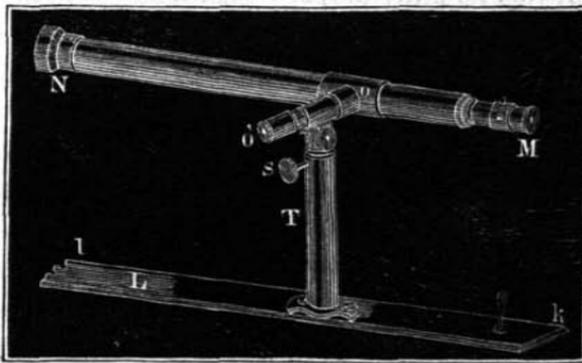


Въ противномъ случаѣ линейка для употребленія негодна. Если край kl находится въ колимационной плоскости $rqnt$, то точка k должна находиться на продолженіи линіи rq , а точка l на продолженной tn . Оборотивъ алидаду діоптрами въ низъ, колимационная плоскость перемѣстится и приметъ положеніе $m'n'p'q'$ (Ф. 153). Визируя чрезъ tn и rq на предметъ G и проведя по краю линейки прямую, замѣчаютъ встрѣчается-ли лучъ зрѣнія, про-

ходящій чрезъ $m'n'$ и $p'q'$ тотъ-же предметъ; если это условіе выполняется, то значить, что край линейки находится въ колимационной плоскости. Отклоненіе нижней линіи визированія отъ верхней опредѣляетъ удвоенную погрѣшность (фиг. 154), которую отчасти можно уничтожить перемѣщеніемъ волосковъ.

§ 81. По большей части употребляется алидада, у которой діоптры замѣнены зрительной трубою; такая алидада называется *кипрегелемъ*. Для визированія по направленію отъ k къ точкѣ l и на оборотъ отъ l къ точкѣ k , переставляя инструментъ, дѣлаютъ часть MO (фиг. 155) такой длины, чтобы возможно было ее обращать на 180° (полуокружность); при этомъ движеніи трубы, глазное стекло займетъ мѣсто предметнаго, а предметное мѣсто глазнаго. Зрительная труба

фиг. 133.



обращается на горизонтальной оси OO' , помѣщенной на вертикальной колоннѣ T ; эта колонна утверждена на линейкѣ L . При употребленіи кипрегеля ставятъ его на горизонтальной плоскости и измѣняютъ его положеніе до тѣхъ поръ,

пока наблюдаемый предметъ покажется глазу, и точка пересѣченія нитей сѣтки кажется покрывающею извѣстную точку предмета. Прямая, проведенная по краю линейки, опредѣляетъ направленіе линіи визированія.

Кипрегель долженъ удовлетворять слѣдующимъ условіямъ: 1) край линейки долженъ составлять прямую линію (см. объ алидадѣ); 2) сѣтка зрительной трубы должна имѣть надлежащее положеніе (§§ 25, 26); 3) ось OO' вращенія должна быть параллельна къ поверхности линейки; 4) оптическая ось должна быть перпендикулярна къ оси вращенія; 5) край линейки долженъ находиться въ колимационной плоскости трубы.

Для узнанія перпендикулярности колимационной плоскости къ оси OO' вращенія, ставятъ кипрегель на горизонтальной плоскости мензурной доски и наводятъ трубу на какую-нибудь вертикальную линію такъ, чтобы отвѣсная нить сѣтки казалась покрывающею замѣ-

ченную линію. Потомъ поднимая и опуская трубу, замѣчаютъ покрываетъ-ли нить постоянно ту-же линію или нѣтъ. Если точка пересѣченія нитей сѣтки при вращеніи трубы уклоняется отъ замѣченной линіи, то эта погрѣшность можетъ происходить отъ двухъ причинъ: 1) когда оптическая ось не перпендикулярна къ оси вращенія, и 2) когда ось OO' не параллельна къ нижней поверхности линейки. Въ первомъ случаѣ оптическая ось описываетъ при вращеніи трубы коническую поверхность, а во второмъ плоскость, наклонную къ горизонтальной. Поставивъ кипрегель на горизонтальной плоскости и приведя трубу приблизительно въ горизонтальное положеніе, наводятъ точку пересѣченія нитей на вертикальную линію мѣстности. При существованіи первой погрѣшности, точка пересѣченія нитей постоянно уклоняется при вращеніи трубы по одну сторону замѣченной линіи; при второй погрѣшности она отходитъ то по одну, то по другую сторону тойже линіи.

§ 82. Для уничтоженія этихъ погрѣшностей должно сначала узнать перпендикулярность оптической оси къ оси OO' вращенія. Поставивъ кипрегель на горизонтальной плоскости, наводятъ оптическую ось трубы на отдаленный предметъ мѣстности и проводятъ по краю линейки карандашемъ прямую линію MN . Переставивъ кипрегель такъ, чтобы линейка пришлась по другую сторону линіи MN и чтобы конецъ l занялъ мѣсто k , а конецъ k мѣсто l , обращаютъ трубу на 180° (на оси OO'). Если при второмъ положеніи трубы, точка пересѣченія нитей кажется покрывающею ту-же точку замѣченнаго предмета, то значить, что требуемая перпендикулярность существуетъ. Если-же точка сѣтки отойдетъ въ сторону и оптическая ось приметъ, на при-

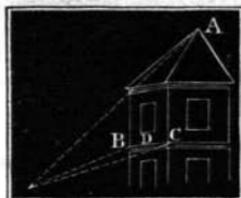


фиг. 156. мѣръ, положеніе pp' (фиг. 156), составляющее съ первымъ направленіемъ qq' уголъ $p'cq'$, то оси не перпендикулярны между собою. Уголъ $p'cq'$ означаетъ удвоенную погрѣшность, ибо $\angle ocr + \frac{1}{2} \angle pcq = 90^\circ$; а потому должно измѣнить положеніе оптической оси такъ, чтобы она совмѣстилась съ линією mn , раздѣляющею уголъ $p'cq'$ на двѣ равныя части; но чтобы при вращеніи трубы глазу представился предметъ, на который прежде визировали, должно также измѣнить и положеніе мензульной доски такимъ образомъ, чтобы pp' совмѣстилась съ линією qq' ; при этомъ ось oo' приметъ положеніе tt' . Слѣдовательно для

уничтоженія погрѣшности должно оптическую ось привести изъ положенія qq' въ совмѣщеніе съ линіею mn ; это дѣлается винтиками, передвигающими сѣтку; вторую половину погрѣшности уничтожаютъ перемѣщеніемъ оси OO' вращенія; для этого вращаютъ мензульную доску обращеніемъ микрометрическаго ея винта до тѣхъ поръ, пока точка сѣтки покроетъ опять ту-же точку наблюдаемаго предмета. Объясненное дѣйствіе повторяютъ нѣсколько разъ. При этой повѣркѣ принимается, что точка C пересѣченія осей находится отвѣсно надъ краемъ kl линейки.

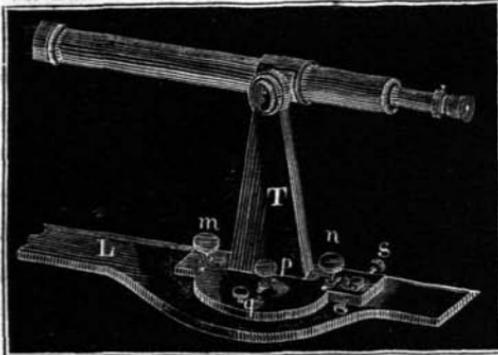
По сдѣланіи этой повѣрки, узнаютъ параллельность оси OO' вращенія къ поверхности линейки. Для этого наводятъ трубу кипрегеля, поставленнаго на горизонтальной плоскости мензульной доски, на возвышенную точку A (фиг. 157) мѣстности и, наклонивъ трубу, замѣчаютъ другую точку B ; по краю линейки проводятъ прямую MN . Переставивъ инструментъ, какъ выше объяснено, и, обративъ трубу на 180° , наводятъ ее опять на точку A ; наклонивъ трубу, замѣчаютъ покрываетъ-ли точка пересѣченія нитей точку B или нѣтъ. Если при

фиг. 157.



второмъ положеніи кипрегеля, пересѣченіе нитей покрываетъ другую точку C (лежащую на одной горизонтальной линіи съ точкою B), то уголъ BAC выражаетъ удвоенную погрѣшность. Для уничтоженія ея должно измѣнить положеніе оси вращенія такъ, чтобы пересѣченіе нитей покрыло точку D , лежащую на срединѣ между B и C . Чтобы узнать, находится-ли край kl линейки въ колимаціонной плоскости, должно трубу кипрегеля, въ которомъ исправлены предъидущія погрѣшности, навести на какую нибудь точку A мѣстности и по краю линейки провести черту MN . Переставивъ кипрегель на прямой MN и обративъ трубу, замѣчаютъ, покрываетъ-ли пересѣченіе нитей ту-же точку A или нѣтъ; въ послѣднемъ случаѣ край kl не находится въ колимаціонной плоскости. Такъ какъ положеніе осей OO' и qq' (фиг. 156) повѣрено и исправлено, то не должно измѣнять взаимное ихъ положеніе, а только передвигать линейку. Ослабивъ для этого винтики m, n, p (фиг. 158), прикрѣпляющіе колонну къ линейкѣ, обращаютъ колонну до тѣхъ поръ, пока пересѣченіе нитей покроетъ ту-же точку A ; потомъ закрѣпляютъ винтики m, n, p . Въ нѣкоторыхъ кипрегеляхъ устраиваютъ колонну

Фиг. 138.

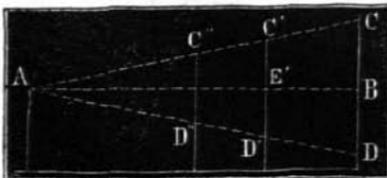


горизонтальное положеніе, то, ослабивъ винты m, n, p , наклоняютъ колонну обращеніемъ винта q . Для приведенія края kl линейки въ совмѣщеніе съ коллимаціонной плоскостью, должно, по ослабленіи винтовъ m, n, p , обращать винты S . При обращеніи винтовъ S основаніе колонны вращается около винта m ; потому гнѣзды винтовъ n и p вырѣзываются въ видѣ дугъ.

§ 83. Посредствомъ кипрегеля можно измѣрять вертикальные углы; для этого прикрѣпляютъ къ выдающейся оси вращенія трубы вертикальній кругъ съ градусными дѣленіями, а къ колоннѣ придѣлывается верньеръ. Дѣленія означены на кругѣ такъ, чтобы нуль совмѣстился съ показателемъ верньера въ то время, когда оптическая ось трубы находится въ горизонтальномъ положеніи. Повѣрка и употребленіе кипрегеля съ вертикальнымъ кругомъ сходны повѣркѣ и употребленію теодолита (§ 66).

Кипрегель, имѣющій вертикальній кругъ съ верньеромъ, употребляется для непосредственнаго опредѣленія горизонтальныхъ разстояній. Всякій инструментъ, приспособленный къ опредѣленію длины линий на мѣстности однимъ визированіемъ, получаетъ названіе *дальномера*. Устройство дальномѣровъ основывается на слѣдующемъ:

Фиг. 139.



если A (Фиг. 139) глазъ наблюдателя, AB ось зрѣнія и CAD оптической уголъ, не измѣняющій своей величины, то часть CD отвѣсной линіи, заключающаяся между лучами AC и AD , будетъ болѣе части $C'D'$ и $C'D' > C''D''$. Слѣдовательно по подобію треугольниковъ

ACD , $AC'D'$ получимъ $AB : AE' = CD : C'D'$ следовательно по известнымъ CD , $C'D'$ и AB возможно опредѣлить AE' .

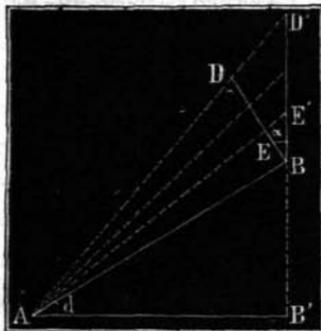
Кипрегель, служащій также дальномѣромъ, долженъ имѣть въ фокусѣ предметнаго стекла сѣтку, состоящую изъ трехъ горизонтальныхъ нитей, равно отстоящихъ одна отъ другой, и изъ одной вертикальной нити. Для опредѣленія длины CD , $C'D'$. . . отвѣсныхъ линий служить деревянный шестъ (фиг. 160), называемый *рейкою*. На рейкахъ, покрашенныхъ свѣтлою краскою, означаются дѣленія слѣдующимъ образомъ: отмѣривъ на горизонтальной мѣстности длину AB , равную 100 сажнямъ (фиг. 159), ставятъ въ точкѣ A мензулу съ кипрегелемъ, а въ точкѣ B рейку BC въ отвѣсномъ положеніи; потомъ, приведя оптическую ось трубы въ горизонтальное положеніе, визируютъ на рейку и отмѣчаютъ на сей послѣдней точки C и D , кажушіяся покрываемыми крайними горизонтальными нитями сѣтки. Такъ какъ части CD соотвѣтствуетъ горизонтальное разстояніе во 100 сажень, то должно длину CD раздѣлить на 100 равныхъ частей, которыя покрыты по переменно бѣлою и черною красками (фиг. 160), чтобы удобнѣе различить дѣленія въ трубѣ. Черезъ каждыя 10 дѣленій подписываютъ цифры въ обратномъ видѣ для того, чтобы въ трубѣ они казались въ прямомъ положеніи. Точку пересѣченія поверхности рейки съ горизонтальнымъ лучемъ означаютъ чрезъ нуль.



Для опредѣленія горизонтальнаго разстоянія между точками A и E' , должно рейку (ф. 159) поставить въ точкѣ E' и, по приведеніи оптической оси трубы въ горизонтальное положеніе замѣчать число дѣленій рейки, помѣстившихся между крайними нитями сѣтки; это число выразить въ сажняхъ искомое разстояніе; въ самомъ дѣлѣ изъ пропорцій $AB : CD = AE' : C'D'$ или $100 \text{ саж.} : 100 \text{ дѣл.} = AE' : C'D'$, получимъ AE' равнымъ столько сажнямъ, сколько дѣленій содержится въ $C'D'$.

§ 84. Этотъ способъ измѣренія примѣняется только къ горизонтальнымъ линіямъ. Горизонтальная проекція линіи AB (фиг. 161), проле-

фиг. 161.



гающей на покатости, определяется съ помощью дальномѣра слѣдующимъ образомъ: изъ прямоугольнаго треугольника $AB'B$ получимъ $AB' = AB \cdot \text{Cos } \alpha$, гдѣ α означаетъ уголъ $BA'B'$ наклоненія, измѣренный вертикальнымъ кругомъ дальномѣра. Очевидно, что нѣтъ возможности поставить рейку перпендикулярно къ наклонной AB , какъ въ предъидущемъ случаѣ, а потому для полученія искомой AB' ставятъ рейку въ отвѣсномъ положеніи $D'B$ и отсчитываютъ на ней число n дѣлений, заключающихся между крайними нитями сѣтки. Но это число n не соотвѣтствуетъ разстоянію AB ; для AB получили бы число n' , которое слѣдовало-бы отсчитать на рейкѣ, поставленной перпендикулярно къ AB . Это число получается вычисленіемъ; для этого, положивъ уголъ $D'DB$ равнымъ прямому, получимъ $DB = D'B \cdot \text{Cos } \alpha$ или $n' = n \cdot \text{Cos } \alpha$, гдѣ n' означаетъ число дѣлений, заключающихся между чертами E и D и соотвѣтствующихъ разстоянію AB . Но по предъидущему $AB' = AB \cdot \text{Cos } \alpha$ или такъ какъ разстоянію AB соотвѣтствуетъ число n , то $AB' = n \cdot \text{Cos}^2 \alpha$. И такъ чтобы получить горизонтальную проекцію наклонной линіи, должно число дѣлений, отсчитанныхъ на отвѣсной рейкѣ помножить на квадратъ косинуса угла наклоненія.

На этомъ основаніи составлена слѣдующая таблица:

5°	99,2	11°	96,4	17°	91,5	23°	84,7	29°	76,5
6°	98,9	12°	95,7	18°	90,5	24°	83,5	30°	75
7°	98,5	13°	95	19°	89,4	25°	82,1	31°	74,5
8°	98,1	14°	94	20°	88,3	26°	80,8	32°	72
9°	97,6	15°	93,3	21°	87,2	27°	79,4	33°	70,3
10°	97	16°	92,4	22°	86	28°	78	34°	68,7

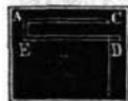
Въ первыхъ столбцахъ означены градусы угловъ наклоненія трубы дальномѣра, а во вторыхъ длина горизонтальныхъ проекцій въ тѣхъ случаяхъ, когда 100 частей рейки помѣщаются между во-

лосками сѣтки. Имѣя эту табличку, легко опредѣлить горизонтальную проекцію всякаго разстоянія, такъ на примѣръ если при 23° наклоненія трубы, волоски вмѣщаютъ 45 дѣлений рейки, то должно взять изъ таблицы число 84,7 соответствующее 23° и помножить на 45; уменьшивъ полученное произведеніе въ 100 разъ, имѣемъ 38,12 сажень для искомой длины, ибо изъ пропорціи 100 дѣл. : 45 дѣл. = $84,7^\circ$: x получимъ $x = 38,115$.

§ 85. *Опредѣлить на мензуль горизонтальную проекцію угла ABC, даннаго на мѣстности, когда вершинъ В соответствуетъ точка b на бумагѣ.*

Сначала должно поставить мензулу такъ, чтобы точки В и b находились на одной вертикальной линіи. При этомъ употребляется

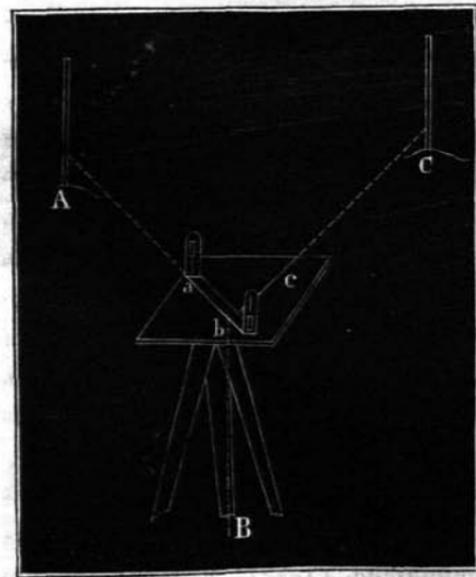
фиг. 162.



вилка (фиг. 162), состоящая изъ деревянныхъ брусковъ AC и DE, прикрѣпленныхъ подъ прямымъ угломъ къ бруску AE; къ ED прикрѣпляется нить съ отвѣсомъ. При употребленіи

вилки кладутъ часть AC на мензульную доску такъ, чтобы конецъ C совмѣстился съ точкою, означенной на бумагѣ; тогда брусокъ ED помѣстится подъ доскою К (фиг. 147) штатива, а нить съ отвѣсомъ опредѣлитъ точку мѣстности, находящуюся вертикально подъ концемъ С. Нынѣ приводятъ точку на бумагѣ отвѣсно надъ точкою мѣстности на глазъ, безъ помощи вилки. Установивъ мензулу такъ, чтобы

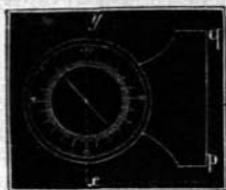
фиг. 163.



доска приняла приблизительно горизонтальное положеніе, приводятъ ее съ точностью въ это положеніе посредствомъ уровня. Точка В мѣстности, на которой мензула установлена, называется *точкою стоянія*. Закрѣпивъ становой винтъ и приложивъ край *kl* (фиг. 163) къ точкѣ b наводятъ алидаду на точку А; по краю *kl* проводятъ прямую *ba*; такимъ-же образомъ опредѣляютъ горизонтальную проекцію *bc* стороны BC. Очевидно, что уголъ *abc* представляетъ горизонтальную проекцію угла ABC.

§ 86. Весьма часто требуется, чтобы линии на плащѣ имѣли такое положеніе относительно прямой, означающей направленіе магнитнаго меридіана (§ 73), какое имѣютъ соответствующія линии на мѣстности относительно странъ свѣта. Для этого употребляется буссоль, назы-

Фиг. 164.



ваемая *ориентиръ-буссолью* (Фиг. 164); она состоитъ изъ мѣдной цилиндрической коробки, дно которой дѣлается выдающимся; край *pq* выдающагося дна составляетъ прямую линію. Градусныя дѣленія расположены отъ нуля до 360° на кольцѣ, наглухо прикрѣпленномъ къ коробкѣ; діаметръ *xy*, прохо-

дѣляющій чрезъ 0 и 180° , параллеленъ къ краю *pq*; въ центрѣ дна коробки утверждается шпиль, на которомъ свободно вращается магнитная стрѣлка; коробка покрывается стекломъ. Самое дѣйствіе производится слѣдующимъ образомъ: поставивъ буссоль на мензулѣ,

Фиг. 165.



поворачиваютъ ее до тѣхъ поръ, пока ось стрѣлки совмѣстится съ діаметромъ *xy* (Фиг. 165); приложивъ къ краю *pq* край алидады и проведя карандашемъ линію *NS*, получимъ на бумагѣ направленіе магнитнаго меридіана. Перенеся мензулу въ другую точку

мѣстности и приставивъ край *pq* къ прямой *NS*, поворачиваютъ мензульную доску, пока стрѣлка совмѣстится съ діаметромъ *xy*; при этомъ положеніи мензульной доски, всѣ линіи, на ней проведенныя, получаютъ положеніе, параллельное къ соответствующимъ линіямъ на мѣстности. Вообще принято означать верхнюю часть листа чрезъ *N*, а нижнюю чрезъ *S*; потому проводятъ прямую *NS* параллельно къ боковому краю листа. По означенной на бумагѣ прямой *NS* приводятъ мензульную доску въ такое положеніе, чтобы ось стрѣлки, совмѣщенная съ діаметромъ *xy*, была параллельна къ прямой *NS*. Поставивъ мензулу надъ точкою мѣстности посредствомъ вилки или на глазъ, и приведя доску въ горизонтальное положеніе, приставляютъ буссоль краемъ *pq* къ линіи *NS* и поворачиваютъ доску до тѣхъ поръ, пока ось стрѣлки совмѣстится съ діаметромъ *xy* и сѣверный ея конецъ обратится къ верхнему краю листа, означенному чрезъ *N*. Тогда мензула *ориентирована по странамъ свѣта*.

Чтобы прямая *ab* была проведена на бумагѣ въ такомъ направленіи относительно прямой *NS*, въ какомъ находится линія *AB* на мѣстности относительно магнитнаго меридіана, ставятъ мензулу точкою

а отвѣсно надъ А; ориентировать мензулу по предъидущему посредствомъ ориентиръ-буссоли и закрѣпивъ становой винтъ, прикладываютъ край линейки къ точкѣ а и визируютъ на предметъ В. Проведя карандашомъ по краю *kl* прямую, получимъ на бумагѣ горизонтальную проекцію *ab*, имѣющую относительно прямой *NS* такое положеніе, какое линія *AB* имѣетъ относительно странъ свѣта.

§ 87. Если сторона *AB* (фиг. 163) даннаго угла *ABC* нанесена на мензульной доскѣ и требуется на ней опредѣлить горизонтальную его проекцію, то должно мензулу установить точкою а отвѣсно надъ А и такъ, чтобы прямая *ab* находилась въ одной вертикальной плоскости съ линіею *AB*. Установка мензулы въ такомъ положеніи называется *ориентированіемъ по данной линіи*; это дѣйствіе производится слѣдующимъ образомъ:

1) поставивъ мензулу въ точкѣ А и ослабивъ становой винтъ, обращаютъ доску такимъ образомъ, чтобы прямая *ab* находилась приблизительно въ одной вертикальной плоскости съ линіею *AB*;

2) передвигая ножки штатива, приводятъ точку а съ точностью отвѣсно надъ А;

3) утвердивъ ножки въ землю, приводятъ доску приблизительно въ горизонтальное положеніе;

4) посредствомъ уровня приводятъ доску съ точностью въ горизонтальное положеніе;

5) приложивъ край линейки къ прямой *ab*, обращаютъ доску до тѣхъ поръ, пока глазу съемщика представится точка В;

6) закрѣпивъ становой винтъ, приводятъ волосокъ діоптра или точку пересѣченія нитей зрительной трубы съ точностью въ совмѣщеніе съ точкою В обращеніемъ микрометрическаго винта; тогда мензула ориентирована по данной прямой *ab*.

Приложивъ край линейки къ точкѣ а и визируя на точку С, проводятъ по краю *kl* прямую *ac*; тогда уголъ *bac* представляетъ горизонтальную проекцію угла *BAC*.

Положимъ, что *ab* (фиг. 166) представляетъ горизонтальную проекцію линіи *AB* и *kl* край линейки, прилежащій къ точкѣ а, по отсто-

фиг. 166.



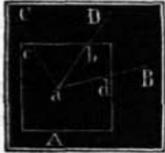
ящій отъ *b* на *bb'*; тогда $\text{tang } bab' = \frac{bb'}{ab'}$ или уголъ

bab' по малой своей величинѣ можетъ быть выраженъ чрезъ $\frac{bb'}{ab'}$; отсюда слѣдуетъ что величина этого угла будетъ тѣмъ болѣе, чѣмъ

менше ab , а потому должно при ориентированіи мензулы прикладывать край линейки къ длиннымъ линиямъ и слѣдовательно эти линіи проводить карандашемъ по возможности длиннѣе.

Если уголъ bac нанесенъ на бумагѣ и требуется опредѣлить уголъ bad (Фиг. 167), то, установивъ мензулу въ точкѣ А и ориентировавъ ее

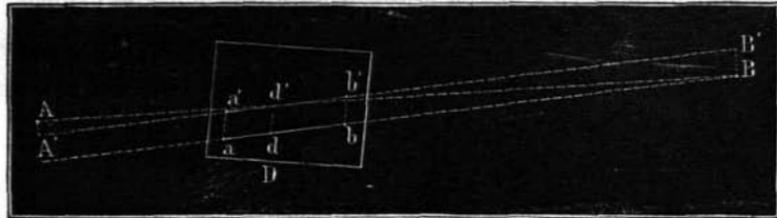
Фиг. 167.



по прямой ab , опредѣляемъ прямую ad . При этомъ замѣчаемъ, что по ориентированіи мензулы, прямая ac приметъ положеніе, параллельное къ соответствующей AC на мѣстности, потому ориентированіемъ называется такое дѣйствіе, посредствомъ котораго всѣ линіи на бумагѣ проведенныя, приводятся въ положеніе параллельное къ соответствующимъ имъ на мѣстности.

Положимъ, что линіи AB (Фиг. 168) соответствуетъ прямая ab на бумагѣ; требуется установить мензулу точкою d надъ D и ориентировать ее по

Фиг. 168.



прямой ab . Ориентировавъ мензулу по прямой db , повѣряютъ дѣйствіе визированіемъ на точку A . Если d находится отвѣсно надъ D , то линія визированія непременно встрѣтитъ точку A ; въ противномъ случаѣ она не пройдетъ чрезъ A . Для уничтоженія этого отклоненія, подвигаютъ мензульную доску такъ, чтобы линія ab приняла положеніе $a'b'$, параллельное къ ab и чтобы линія визированія, проходящая чрезъ $a'b'$ отстояла отъ точекъ A и B на части AA' и BB' , приблизительно пропорціональныя къ разстояніямъ AD и BD . Если на глазъ опредѣлено направленіе $A'B'$ линіи визированія, то наводятъ съ точностію діоптры или трубу на точку B и узнаютъ, проходитъ-ли она также чрезъ A . Если это имѣетъ мѣсто, то мензула ориентирована; въ противномъ случаѣ должно дѣйствіе повторять до тѣхъ поръ, пока линія визированія пройдетъ чрезъ обѣ точки.

§ 88. Ошибки, встрѣчаемыя при употребленіи мензулы, происходятъ отъ слѣдующихъ причинъ :

1) отъ измѣненія положенія мензулы по ориентированіи ея и закрѣпленіи становаго винта;

2) отъ неточнаго визированія. При отклоненіи волоска отъ пред-

мета А (ф. 169) на уголъ АСА', равный наименьшему оптическому углу, наблюдателю покажется, что волосокъ покрываетъ предметъ; но при



фиг. 169. опредѣленіи стороны АС' произойдетъ ошибка АСА', которая также имѣетъ вліяніе на опредѣленіе линіи ВС; слѣдовательно полученный уголъ А'СВ' разнится отъ истиннаго на удвоенный наименьшій оптическій уголъ. При употребленіи алидады съ діоптрами, наименьшій оптическій уголъ

равенъ 1° , слѣдовательно наименьшая погрѣшность, могущая прозойти при опредѣленіи горизонтальной проекціи угла, равна 2° . При употребленіи кипрегеля, эта погрѣшность уменьшается во столько разъ, во сколько предметы кажутся въ зрительной трубѣ увеличенными; на примѣръ положимъ, что труба увеличиваетъ въ 12 разъ; тогда наименьшій оптическій уголъ равенъ $\frac{1^{\circ}}{12} = 5''$; слѣдовательно наименьшая погрѣшность равна $10''$;

3) отъ неточнаго наложенія края *kl* линейки къ прямой, по которой ориентируютъ (§ 87);

4) отъ неровности верхней поверхности мензульной доски или наклеенной бумаги;

5) когда вершина С даннаго угла на мѣстности не находится отвѣсно подъ точкою *s*, означенною на бумагѣ. При приблизительно-вѣрной установкѣ мензулы, эта ошибка не имѣетъ никакого вліянія на точность работы, но если разстояніе между *s* и горизонтальной проекціею точки С дѣлается равнымъ футу, то погрѣшность бываетъ весьма значительна;

6) когда край *kl* линейки не находится въ колимаціонной плоскости. При разстояніи въ 100 фут., получается погрѣшность въ $11,5''$; при большемъ разстояніи она еще менѣе; слѣдовательно при употребленіи мензулы не обращаютъ вниманія на это условіе;

7) когда плоскость, описываемая оптическою осью не перпендикулярна къ нижней поверхности линейки. Встрѣчаемая здѣсь ошибка происходитъ отъ различнаго наклоненія трубы; при горизонтальномъ ея положеніи или при наведеніи ея на два предмета, одинаково возвышенные или пониженные, ошибка совершенно исчезаетъ; она получится наибольшею, когда труба, при наведеніи на два предмета, была возвышена и понижена. Изъ этого слѣдуетъ, что при употребленіи

кипрегеля, имѣющаго упомянутый недостатокъ, не должно наклонять и возвышать трубу для опредѣленія одного и того-же угла;

8) когда мензульная доска не находится въ горизонтальномъ положеніи. Ошибка въ опредѣленіи угла на бумагѣ происходитъ: а) отъ того, что уголь проектируется не на горизонтальную, а на наклонную плоскость; однако это не имѣетъ большаго вліянія на точность опредѣляемаго угла; такъ на примѣръ при углѣ наклоенія плоскости проекціи, равномъ 1° , ошибка опредѣленнаго угла равна $\frac{1}{2}$ '; б) отъ того, что оптическая ось трубы, поставленной на наклонной плоскости, не описываетъ вертикальную плоскость. Ошибка въ опредѣленіи угла бываетъ весьма значительна и можетъ простираться до 37,8 минутъ при углѣ наклоенія, равномъ 1° ;

9) когда оптическая ось трубы не перпендикулярна къ оси вращенія. Этотъ недостатокъ вообще не имѣетъ большаго вліянія на точность опредѣляемаго угла и только при значительномъ возвышеніи или пониженіи трубы, ошибки, происходящія при опредѣленіи угловъ, дѣлаются значительными.

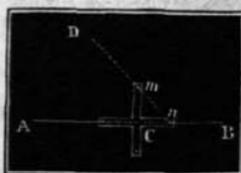
Ошибку, происходящую отъ невѣрной установки мензулы, всегда можно избѣгнуть, также возможно устранить невѣрное наложеніе края линейки къ проведенной карандашемъ линіи. При употребленіи зрительной трубы всегда возможно избѣгать неточность визирования. Ошибки, происходящія отъ несовмѣщенія края линейки съ колимационной плоскостью, весьма ничтожны, даже въ посредственныхъ инструментахъ. — Если точка пересѣченія нитей сѣтки, при повышеніи и пониженіи трубы на уголь въ 20° , не уклоняется отъ вертикальной линіи, то ошибки 7) и 9) не имѣютъ вліянія на точность опредѣляемаго угла. Значительнѣйшая прогрѣшность угловъ происходитъ отъ наклоннаго положенія и неровностей мензульной доски; послѣдній недостатокъ препятствуетъ не только приведенію доски въ горизонтальное положеніе, но и совмѣщенію нижней поверхности линейки съ поверхностью доски.

ОТДѢЛЪ IV.

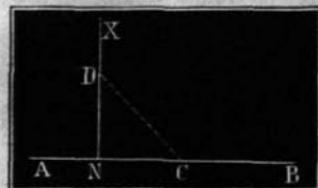
УПОТРЕБЛЕНІЕ УГЛОМѢРНЫХЪ ИНСТРУМЕНТОВЪ.

§ 89. *Употребленіе эккера. При точкѣ А линіи АВ построить уголъ въ 45° (Фиг. 170).*

фиг. 170.



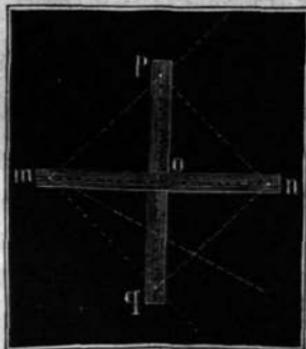
фиг. 171.



Для этого должно поставить эккеръ такъ, чтобы колимаціонная плоскость одной пары шпильковъ совмѣстилась съ вертикальною плоскостью, проходящею чрезъ точки А и В; при томъ шпильекъ и долженъ находиться на отвѣсной линіи, проходящей чрезъ точку С. Или, возставивъ изъ произвольной точки N (фиг. 171) перпендикуляръ NX, дѣлають $ND = NC$; тогда CD составляетъ съ прямою АВ уголъ $ACD = 45^\circ$.

На данной прямой построить уголъ въ 30° или въ 60° (Фиг. 172).

фиг. 172.

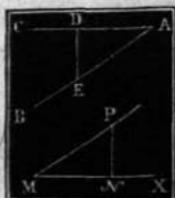


Чтобы возможно было построить углы въ 30° или въ 60° , должно на планкѣ pq поставить шпильки s и s' такъ, чтобы часть $os = om$, $tg 30^\circ$ и $os' = om$, $tg 60^\circ$. Самое дѣйствіе производится, какъ при построении угла въ 45° .

При данной точкѣ М построить уголъ, равный углу САВ, данному на мѣстности.

Отмѣривъ отъ А до D (фиг. 173) часть AD, возставляють изъ D перпендикуляръ DE и

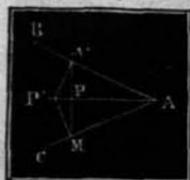
фиг. 173.



измѣряють его длину. Провѣшивъ чрезъ М линію MX, откладываютъ на ней часть MN, равную AD; изъ точки N возставляютъ къ линіи MX перпендикуляръ NP, равный перпендикуляру DE; тогда получится уголъ NMP, равный данному.

Уголъ, данный на мѣстности, раздѣлить на двѣ равныя части (Фиг. 174).

фиг. 174.



Возставивъ изъ точекъ М и N перпендикуляры MP' и NP' , означаютъ точку P' ихъ пересѣченія коломъ; линія AP' требуемая.

Снять ломанную линію $ABCD\dots$, данную на мѣстности (Фиг. 175).

фиг. 175.



Въ недалекомъ разстояніи отъ данной линіи провѣшиваютъ прямую Ox ; изъ точекъ $A, B, C\dots$ опускаютъ на Ox посредствомъ эскера перпендикуляры $AA', BB'\dots$ Разстоянія подошвы перпендикуляровъ отъ начальной точки O называются абсиссами, перпендикуляры $AA', BB'\dots$ ординатами, прямая Ox осью абсиссъ; абсиссы и ординаты называются координатами и точка O началомъ координатъ. На черновомъ чертежѣ (Фиг. 176), который называется брульономъ, проводятъ съ руки прямую $o'x'$ и перпендикуляры; во время производства работы съемщикъ всегда

фиг. 176.



да долженъ имѣть брульонъ при себѣ. Измѣривъ цѣпью абсиссы $OA', OB'\dots$ и ординаты $AA', BB'\dots$ отмѣчаютъ полученныя длины на брульонѣ, т. е. подписываютъ при линіяхъ $o'a', a'b'\dots, aa', bb'\dots$ число сажень, содержащихся въ соответствующихъ имъ линіяхъ на мѣстности. По записаннымъ на брульонѣ длинамъ легко начертить на бумагѣ въ данномъ масштабѣ линію, подобную линіи $ABCD\dots$ Проведя на бумагѣ прямую $o''x''$, откладываютъ по масштабѣ длины $o''a'', o''b'', o''c''$ и т. д.; изъ точекъ $a'', b'', c''\dots$ возставляютъ перпендикуляры $a''a''', b''b'''$ и т. д. Проведя прямыя $a''b''', b''c'''\dots$, получимъ на планѣ ломанную линію.

Если имѣется эскеръ, опредѣляющій углы въ 45° , то ходъ работы значительно упрощается.

Провѣшивъ линію OX (Фиг. 177) и означивъ подошвы перпендикуляровъ кольями, опредѣляютъ точки $A'', B'', C''\dots$ пересѣченія линіи OX съ линіями, проходящими чрезъ $A, B, C\dots$ и составляющими углы въ 45° . Измѣривъ цѣпью абсиссы $OA', OB'\dots$ и линіи $OA'', OB''\dots$, откла-

фиг. 177.



фиг. 178.



дываютъ эти длины на планѣ (фиг. 178) по масштабу; при точкахъ a'' , b'' , c'' ... строить углы въ 45° и изъ точекъ a' , b' , c' возставляютъ перпендикуляры; проведя чрезъ полученныя точки a , b , c ... пересѣченія прямыя ab , bc ..., получаютъ ломанную линію.

Кривую линію, данную на мѣстности, наносятъ на бумагу, опредѣливъ абсиссы и ординаты нѣсколькихъ точекъ ея.

фиг. 179.



Точки кривой линіи означаютъ кольями, поставленными на такихъ разстояніяхъ другъ отъ друга, чтобы части кривой линіи, находящіяся между каждыми двумя кольями, можно было принять за прямыя линіи. Измѣривъ координаты точекъ A , B , C ... (фиг. 179) и нанеся полученныя длины на планъ, срисовываютъ части кривой линіи на глазъ.

Снять сожкнутую фигуру (фиг. 180).

фиг. 180.



Означивъ вершины данной фигуры кольями, опредѣляютъ ихъ координаты относительно линіи AB , представляющей діагональ многоугольника. Если фигура ограничена кривой линіею, то должно въ главныххъ ея изгибахъ поставить колья и опредѣлить координаты избранныхъ точекъ. Части кривыхъ линій срисовываютъ на глазъ.

Если внутренность фигуры недоступна (фиг. 181), то должно построить четырехугольникъ, стороны котораго пролегли бы близко къ кривой линіи. Однако весьма рѣдко возможно построить такой четырехугольникъ;

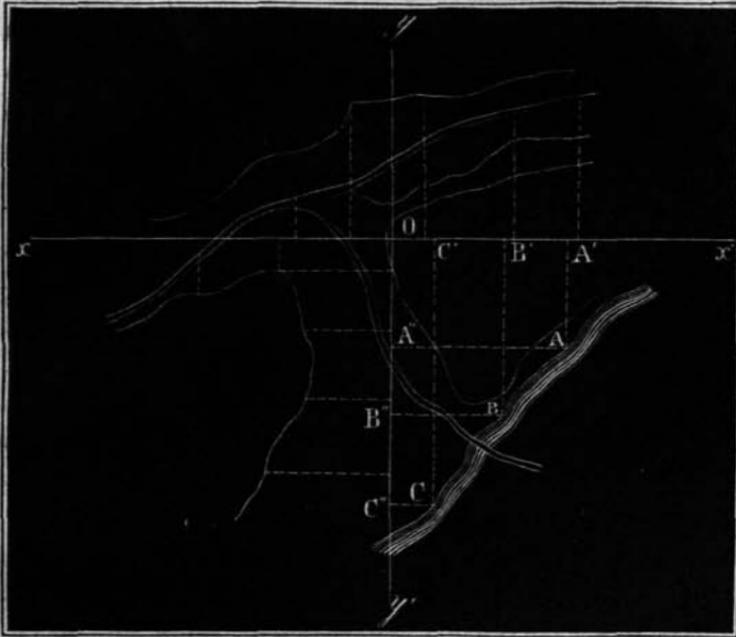
фиг. 181.



а потому опредѣляютъ точки кривой относительно линій EF , LM , LK , GH ... Для нанесенія этихъ линій на планъ, измѣряютъ стороны четырехугольника и части AE , AF , BG , BN ... Начертивъ по масштабу четырехугольникъ $ABCD$, откладываютъ длины, соответствующія частямъ AE , AF , BG ... Относительно сторонъ многоугольника $EFDML$... опредѣляютъ координаты точекъ кривой и наносятъ ихъ на планъ. Начертивъ кривую съ руки, получимъ требуемый контуръ.

Посредствомъ экера возможно также снять мѣстность, содержащую различные предметы; но при этомъ необходимо, чтобы она

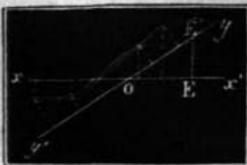
Фиг. 182.



была открыта, т. е. не препятствовала удобному визированию. Осмотрѣвъ сначала снимаемую мѣстность, провѣшивают на удобномъ мѣстѣ двѣ взаимно перпендикулярныя линіи (Фиг. 182). На замѣчательныхъ точкахъ мѣстности, именно гдѣ представляются значительныя изгибы кривыхъ линій, и въ вершинахъ прямолинейныхъ фигуръ ставятъ колья, какъ на примѣрѣ А, В, С... Изъ этихъ замѣченныхъ точекъ опускаютъ перпендикуляры AA' , BB' , CC' ... и AA'' , BB'' , CC'' ... на линіи XX' и YY' . Измѣривъ абсциссы OA' , OB' ... и ординаты OA'' , OB'' ..., записываютъ найденныя длины на брульонѣ. Проведя на планѣ двѣ пересѣкающіяся и взаимно-перпендикулярныя линіи xx' и yy' , откладываютъ по масштабу записанныя на брульонѣ длины координатъ. Возставивъ перпендикуляры изъ точекъ, полученныхъ на прямыхъ xx' и yy' , опредѣляютъ точки a, b, c ... ихъ пересѣченія, соотвѣтствующія точкамъ А, В, С... мѣстности. Проведя чрезъ точки a, b, c ... прямыя или кривыя линіи, получаютъ на планѣ изображеніе предметовъ, находящихся на мѣстности.

Если по мѣстнымъ обстоятельствамъ невозможно провѣшить двѣ взаимно перпендикулярныя линіи, то опредѣляютъ координаты точекъ мѣстности относительно двухъ пересѣкающихся наклонныхъ (Фиг. 183), опуская перпендикуляры изъ замѣчательныхъ точекъ. Для нанесенія найденныхъ координатъ на бумагу, должно опредѣлить уголъ, составляемый осями XX' и YY' ; для это-

Фиг. 183.



го, должно опредѣлить уголъ, составляемый осями XX' и YY' ; для это-

го, должно опредѣлить уголъ, составляемый осями XX' и YY' ; для это-

го, избравъ на линіи YY' точку E' , опускають перпендикуляръ $E'E$ на линію XX' ; измѣривъ разстоянія OE и EE' и нанеся ихъ длины по масштабу на бумагу, проводятъ прямыя xx' и yy' .

фиг. 184.

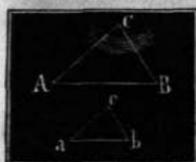


Если мѣстность не допускаетъ провѣшивать линіи XX' и YY' , то опредѣляютъ координаты точекъ мѣстности относительно нѣсколькихъ линій AB, BC, CD, \dots , избираемыхъ преимущественно по дорогамъ (ф. 184). Опуская перпендикуляры изъ замѣчательныхъ точекъ M, N, O, P, \dots мѣстности на линіи AB, BC, \dots и опредѣля углы ABC, BCD, \dots (по предъидущему), отыскиваютъ координаты точекъ мѣстности относительно нанесенныхъ линій.

§ 90. Употребленіе астролѣбн.

По опредѣленнымъ на планѣ двумъ точкамъ мѣстности отыскать положеніе третьей: а) если на обнѣхъ можно ставить инструментъ.

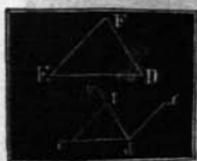
фиг. 185.



Положимъ, что разстояніе AB (фиг. 185) извѣстно на планѣ и требуется опредѣлить положеніе точки C . Поставивъ инструментъ въ точкѣ A , измѣряютъ уголъ $BAC = \alpha^\circ$; такимъ-же образомъ измѣряютъ въ точкѣ B уголъ $ABC = \beta^\circ$. При точкахъ a и b на планѣ строятъ углы $abc = \beta^\circ$ и $bac = \alpha^\circ$ съ помощію таблицы тангенсовъ. Точка c пересѣченія прямыхъ ac и bc опредѣлитъ положеніе точки C .

б) если одна изъ данныхъ точекъ неприступна. Положимъ, что точка D неприступна (фигура 186). Измѣривъ въ точкѣ E уголъ $DEF = \alpha^\circ$ и въ точкѣ F уголъ $DFE = \beta^\circ$, строятъ на бумагѣ при

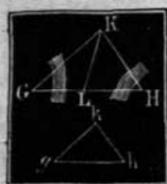
фиг. 186



точкѣ e уголъ, равный α° . Черезъ точку d проводятъ прямую dx , параллельную къ прямой ef и строятъ при d уголъ $xdy = \beta^\circ$. Проведя прямую dy , получимъ точку f пересѣченія ея съ прямой ef ; точка f означаетъ положеніе точки F .

в) Если данныя точки неприступны, но можно поставить инструментъ въ промежуточной точкѣ данной линіи.

фиг. 187.



Избравъ на линіи GH (фиг. 187) точку L, удобную для установки инструмента, измѣряютъ углы $GKL = \alpha^\circ$, $HKL = \beta^\circ$, $GLK = \gamma^\circ$ и $KLH = \vartheta^\circ$. Изъ треугольника GKL получимъ $\angle LGK = 180^\circ - (\alpha - \gamma)$ и изъ треугольника KLN уголъ $LHK = 180^\circ - (\beta - \vartheta)$. Построивъ при точкахъ g и h углы $kgk = LGK$ и $ghk = LHK$, получимъ точку k пересѣченія прямыхъ gk и hk.

На данной прямой построить правильный многоугольникъ даннаго числа сторонъ.

Положимъ, что требуется построить многоугольникъ n-го числа сторонъ; тогда уголъ, составляемый двумя смежными сторонами равенъ $\frac{180^\circ (n-2)}{n}$. Построивъ при точкахъ A и B (ф. 188) данной линіи углы ABC' и BAD' , равные $\frac{180^\circ (n-2)}{n}$ и отмѣривъ части BC и AD, равныя прямой

фиг. 188.

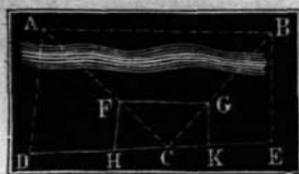


AB, строить при точкахъ C и D углы, равные углу ABC; такимъ-же образомъ получать прочія вершины многоугольника.

Найти разстояніе двухъ непреступныхъ точекъ (фиг. 189).

При рѣшеніи этой задачи можно поступить какъ изложено въ (§ 52, 6)

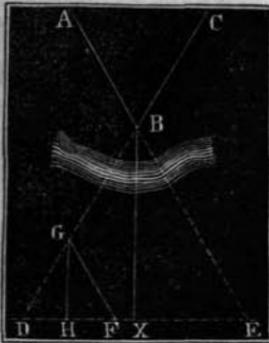
фиг. 189.



Провѣшивъ произвольную линію DE, измѣряютъ на ней углы $ADC = \alpha$ и $BEC = \beta$. Отмѣривъ отъ C части $CH = \frac{1}{n} CD$ и $CK = \frac{1}{n} CE$, строить углы $CKG = \beta$ и $FHC = \alpha$; точки F и G, полученные на пересѣченіяхъ линій AC и FH, BC и KG, опредѣляютъ линію $FG = \frac{1}{n} AB$. Дѣйствительно: изъ треугольника ACD получимъ $CH : CD = CF : CA$, откуда $CF = \frac{1}{n} CA$; изъ треугольника BCE имѣемъ $CK : CE = CG : CB$, откуда $CG = \frac{1}{n} CB$; слѣдовательно прямая FG параллельна къ AB, а потому $FG : AB = FC : AC$, откуда $FG = \frac{1}{n} AB$.

Провѣшить прямую, продолженіе которой дѣлило-бы непреступный уголъ на двѣ равныя части (фиг. 190).

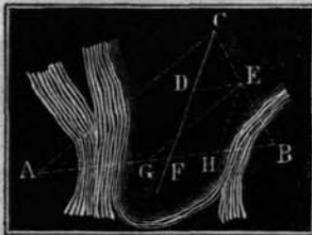
Фиг. 190.



Провѣшиваютъ продолженія BE и BD сторонъ AB и BC и линію DE, измѣряютъ уголъ $BED = \alpha$; при произвольной точкѣ F линіи DE строятъ уголъ $GFD = \alpha$. Измѣривъ при точкѣ G пересѣченія линій DB и FG уголъ FGD, передвигаютъ показателъ верньера на $\frac{1}{2} FGD$ и провѣшиваютъ прямую GH, которая должна быть параллельна искомой BX. Для полученія точки X должно опредѣлить DX изъ пропорціи $DH : DF = DX : DE$; измѣривъ разстоянія DH, DF, DE, получимъ DX, а по двумъ точкамъ B и X направленіе линіи, раздѣляющей уголъ ABC на двѣ равныя части.

Найти разстояніе двухъ непреступныхъ предметовъ, когда между ними находится линія известной длины (Фиг. 191).

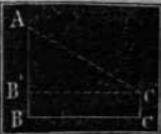
Фиг. 191.



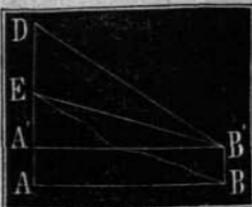
Отмѣривъ $CD = \frac{1}{n} CF$ и измѣривъ уголъ $CFB = \alpha$, строятъ при точкѣ D уголъ $CDE = \alpha$; тогда $DE = \frac{1}{n} FB$. При точкѣ E строятъ уголъ $DEN = \alpha$ и провѣшиваютъ прямую EN; при той же точкѣ E строятъ уголъ GEN , равный измѣренному углу $ACF = \beta$. Провѣшивъ прямую EG, получимъ треугольникъ GEN, подобный треугольнику ACF, изъ которыхъ выводится пропорція $EN : GN = CF : AF$, откуда $AF = m \cdot GN$; слѣдовательно $AB = AF + FB = m \cdot GN + n \cdot DE$.

§ 91. *Употребленіе вертикальныхъ круговъ теодолита и кипрегеля. Опредѣлить высоту приступнаго предмета.*

Поставивъ инструментъ въ точкѣ C (Фиг. 192), измѣряютъ вертикальный уголъ $AC'B'$ и горизонтальную проекцію $B'C'$ линіи BC. Тогда изъ треугольника $AB'C'$ получимъ $AB' = B'C' \cdot \text{tang } AC'B'$; къ опредѣленной высотѣ AB' должно приложить высоту $CC' = BB'$ инструмента.



Фиг. 193.



Если предметъ, высоту DE (Фиг. 193) котораго требуется опредѣлить, находится на возвышеніи, то опредѣляютъ горизонтальное разстояніе $AB = A'B'$ между основаніемъ E предмета и точкою B стоянія. Измѣривъ въ точкѣ B углы $A'BE$ и $A'B'D$, получимъ изъ треугольника $A'BE$

и из треугольника $A'E = A'B' \cdot \operatorname{tg} A'B'E$

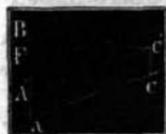
и из треугольника $A'B'D$

$$A'D = A'B' \cdot \operatorname{tang} A'B'D;$$

наконец имѣем $DE = A'D - A'E$.

Найти высоту предмета, когда нельзя измерить горизонтальное расстояние между точкою стоянія и основаніемъ предмета (Фиг. 194).

Фиг. 194.



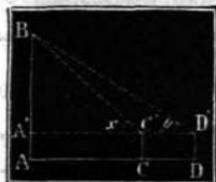
Измѣривъ разстояніе $AC = b$ по наклонной плоскости и углы $A'CF = x$ и $BC'F = y$, получимъ $A'F = C'F \cdot \operatorname{tang} x$ и $BF = C'F \cdot \operatorname{tang} y$; откуда $A'F + BF = C'F (\operatorname{tang} x + \operatorname{tang} y)$, но $C'F = b \cdot \operatorname{Cos} x$; следовательно $AB = CC' + b \cdot \operatorname{Cos} x (\operatorname{tg} x + \operatorname{tg} y)$; но $\operatorname{tang} x + \operatorname{tang} y = \frac{\operatorname{Sin} (x + y)}{\operatorname{Cos} x \cdot \operatorname{Cos} y}$, а потому $AB = CC' + \frac{b \cdot \operatorname{Sin} (x + y)}{\operatorname{Cos} y}$. Если точка C

стоянія ниже основанія A, то $AB = CC' + \frac{b \cdot \operatorname{Sin} (x - y)}{\operatorname{Cos} x}$.

Найти высоту горы надъ горизонтальною плоскостью, на которой возможно измерить линію, лежащую съ вершиною горы въ одной вертикальной плоскости (Фиг. 195).

Измѣривъ линію $CD = b$ и углы x и y и означивъ линію AC чрезъ n и искомую

Фиг. 195.



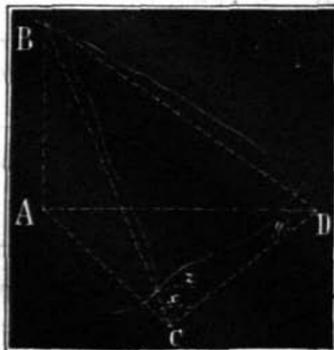
высоту $A'B$ чрезъ h получимъ $\frac{h}{n + b} = \operatorname{tang} y$; откуда $n = \frac{h - b \cdot \operatorname{tang} y}{\operatorname{tang} y}$, но $h = n \cdot \operatorname{tang} x$; следовательно $\frac{h}{\operatorname{tang} x} = \frac{h - b \cdot \operatorname{tang} y}{\operatorname{tang} y}$,

откуда $h = \frac{b \cdot \operatorname{tang} x \cdot \operatorname{tang} y}{\operatorname{tang} x - \operatorname{tang} y}$, но $\operatorname{tg} x - \operatorname{tg} y = \frac{\operatorname{Sin} (x - y)}{\operatorname{Cos} x \cdot \operatorname{Cos} y}$.

Подставивъ эту величину въ полученное выраженіе для h , имѣемъ $h = \frac{b \cdot \operatorname{tang} x \cdot \operatorname{tang} y \cdot \operatorname{Cos} x \cdot \operatorname{Cos} y}{\operatorname{Sin} (x - y)} = \frac{b \cdot \operatorname{Sin} x \cdot \operatorname{Sin} y}{\operatorname{Sin} (x - y)}$. Наконецъ $AB = h + CC'$.

Найти высоту горы съ помощію измеренной горизонтальной линіи, лежащей съ вершиною не въ одной вертикальной плоскости (Фиг. 196).

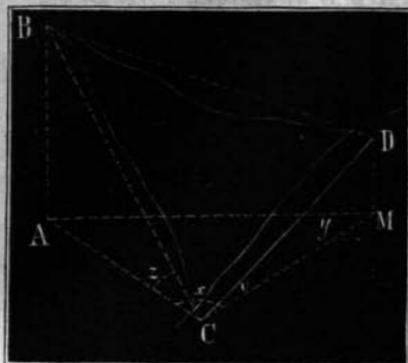
Фиг. 196.



Вообразимъ, что чрезъ прямую CD проведена горизонтальная плоскость ACD , чрезъ AB и C вертикальная ABC и чрезъ AB и D вертикальная ABD . Поставивъ теодолитъ въ точкѣ C , измѣряютъ горизонтальный уголъ $ACD = x$ и вертикальный уголъ $BCA = z$. Потомъ ставятъ инструментъ въ точкѣ D и измѣряютъ уголъ $ADC = y$; тогда получимъ $AC : CD = \operatorname{Sin} y : \operatorname{Sin} (x + y)$, откуда $AC = \frac{CD \cdot \operatorname{Sin} y}{\operatorname{Sin} (x + y)}$; изъ треугольника ABC будетъ $AB = AC \cdot \operatorname{tang} z = \frac{CD \cdot \operatorname{Sin} y \cdot \operatorname{tang} z}{\operatorname{Sin} (x + y)}$.

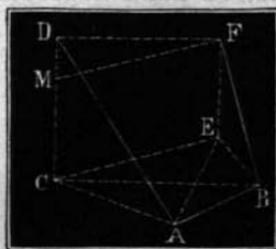
Найти высоту горы съ помощію измеренной линіи, находящейся въ наклонной плоскости (Фиг. 197).

фиг. 197.



въ одной плоскости съ вершинами (фиг. 198).

фиг. 198.

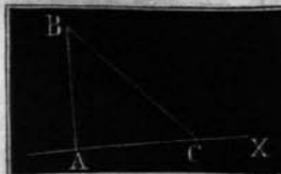


Представимъ себѣ горизонтальную плоскость, проведенную чрезъ АВ, на нее опущенные перпендикуляры DC, FE и проведенныя прямыя АЕ и ВС; тогда СЕ означаетъ горизонтальное разстояніе между вершинами D и F, а DC и EF высоты горъ. Для опредѣленія искомыхъ линій ЕС, CD, EF, ставятъ теодолитъ въ точкѣ А и измѣряютъ вертикальный уголъ DAC и горизонтальные углы CAE и CAB. Въ точкѣ В измѣряютъ углы FBE, EBC, EBA. Изъ треугольника ABE опредѣляютъ стороны AE, BE и изъ треугольника ABC сторону AC. По известному углу DAC и прямой AC опредѣлится высота CD; по известному углу EBF и прямой EB опредѣлится высота EF. Разстояніе CE получится изъ треугольника ACE по известнымъ сторонамъ AC и AE и углу CAE (по предыдущему). Истинное разстояніе DF опредѣлится изъ прямоугольнаго треугольника DMF, именно $DF = \sqrt{FM^2 + DM^2}$, гдѣ FM = CE и DM = CD - EF.

§ 92. Употребленіе отражательныхъ инструментовъ.

Опредѣлить ширину АВ рѣки (фиг. 199).

фиг. 199.



Избравъ на противоположномъ берегу какой нибудь замѣчательный предметъ В, совмѣщаютъ показатель верньера съ чертою 90° ; потомъ, визируя изъ точки А на В, отыскиваютъ точку X, лежащую на перпендикулярѣ AX къ АВ; потомъ передвигаютъ показатель верньера на черту 45° и идутъ по направленію AX до тѣхъ поръ, пока въ точкѣ С, изображеніе точки В покажется въ зеркалѣ посредствомъ вторичнаго отраженія подлѣ непосредственно видимымъ предметомъ А; тогда очевидно уголъ ACB = 45° и разстояніе AC = АВ.

По известной прямой АВ опредѣлить положеніе точекъ С и D.

Положимъ, что точка D выше точки C; измѣряютъ вертикальные углы v и z и горизонтальные $ACM = x$, $AMC = y$.

Для опредѣленія горизонтальной проекціи CM линіи CD имѣемъ $CM = CD \cdot \cos v$ и по предыдущему $AB = \frac{CM \cdot \sin y \cdot \tan z}{\sin(x + y)}$; подставивъ вмѣсто CM ему равное, получимъ $AB = \frac{CD \cdot \cos v \cdot \sin y \cdot \tan z}{\sin(x + y)}$.

Опредѣлить высоты двухъ горъ и горизонтальное разстояніе между ихъ вершинами по известной горизонтальной линіи, лежащей на

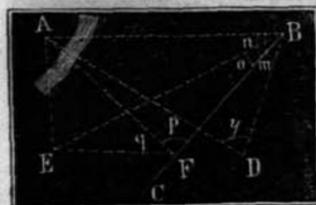
фиг. 200.



а) когда обѣ точки А и В доступны (Ф. 200).

Измѣривъ въ точкѣ А углы m и n , а въ точкѣ В углы o и p , наносятъ ихъ на бумагу посредствомъ транспорта или самимъ инструментомъ, если измѣрение произведено полукругомъ Дугласа (§ 71) или катоптрическимъ циркулемъ (§ 72).

фиг. 201.



б) когда только одна точка В доступна (Ф. 201).

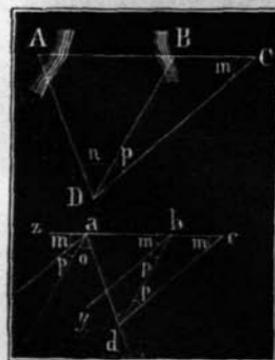
Измѣривъ уголь m при точкѣ В и построивъ его на бумагѣ, переходятъ въ точку D и измѣряютъ уголь $ADB = y$. Для построения этого угла на бумагѣ поступаютъ какъ показано въ (§ 90).

но въ (§ 90).

Если же опредѣляемая точка Е имѣетъ такое положеніе, что нельзя измѣрить уголь АЕВ, то, избравъ точку С, измѣряютъ углы $ABE = n$ и $CBE = o$. Потомъ идутъ по направленію прямой ВС до какой нибудь точки F, изъ которой видны точки С, В, А и Е. Въ этой точкѣ F измѣряютъ углы $AFB = p$ и $AFE = q$. Тогда съ помощію угловъ n и p опредѣлится на бумагѣ положеніе точки F; построивъ на AF уголь $AFE = q$ и на BF уголь $EBF = o$, получимъ точку Е пересѣченія прямыхъ BE и EF.

с) когда точки А и В неприступны, но на продолженіи прямой АВ можно избрать произвольную точку С (Фиг. 202).

фиг. 202.

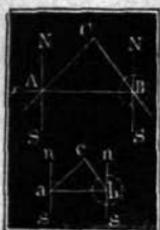


Въ точкѣ С измѣряютъ уголь m и наносятъ его на бумагу; потомъ переходятъ въ точку D и измѣряютъ углы $ADB = n$ и $BDC = p$. При точкѣ b на бумагѣ строятъ уголь $aby = m$ и $ybd = p$; точка d пересѣченія прямыхъ bd и cd опредѣлитъ положеніе точки D, ибо уголь $ybd = \angle BDC$. Для повѣрки точки d строятъ при a уголь $zad = \angle m + \angle p + \angle o$. Если прямая ad пройдетъ чрезъ d , то эта точка опредѣлена вѣрно.

§ 93. Употребленіе буссоли. По измѣренному разстоянію АВ и, по извѣстному азимуту его, опредѣлится на бумагѣ положеніе точки С, полагая, что точки А и В доступны (Фиг. 203).

Пусть ab изображаетъ по данному масштабу разстояніе АВ, измѣ-

фиг. 203.



ренное на мѣстности; положеніе прямой ab (§ 76) определено на планѣ по найденному азимуту $SAx = NAB$. Поставивъ буссоль въ точкѣ А, опредѣляютъ азимуть линіи АС; при точкѣ a на планѣ строятъ уголъ pac , равный найденному азимуту (§ 76). Перенеся буссоль въ точку В, опредѣляютъ азимуть линіи ВС; при точкѣ b строятъ уголъ bSc , равный опредѣленному азимуту безъ 180° . Точка c пересѣченія проведенныхъ прямыхъ ac и bc опредѣлитъ на бумагѣ положеніе точки С мѣстности. Этотъ способъ опредѣленія точекъ называется *заспѣчкою впередъ*.

Полагая, что разстояніе АВ (фиг. 204) определено измѣреніемъ, но на точкѣ А, по мѣстнымъ обстоятельствамъ, нельзя поставить буссоль, опредѣляютъ положеніе точки С слѣдующимъ образомъ: поставивъ буссоль въ точкѣ В, опредѣляютъ азимуть линіи ВС; при точкѣ

фиг. 204.



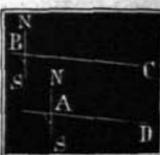
b строятъ уголъ, равный этому азимуту. Перенеся буссоль въ точку С, наводятъ діоптры на А и опредѣляютъ азимуть линіи СА; пусть онъ равенъ α° , которые могутъ быть $>$ или $<$ 180° . Опредѣля азимуть линіи АС наведеніемъ діоптровъ изъ точки А на С, получимъ уголъ, равный $\alpha^\circ - 180^\circ$ или $180^\circ + \alpha^\circ$ (фиг. 205). Потому должно при точкѣ a на бумагѣ построить уголъ, равный измѣренному азимуту, увеличенному или уменьшенному на 180° . Точка c пересѣченія прямыхъ ac и bc (ф. 204) опредѣляетъ положеніе точки С. Этотъ способъ называется *обратною заспѣчкою*.

фиг. 205.



Черезъ данную точку провѣщитъ линію, параллельную данной прямой (фиг. 206).

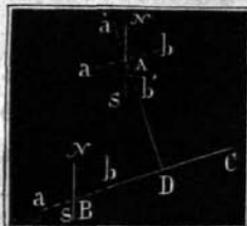
фиг. 206.



Поставивъ буссоль въ точкѣ В и наведя діоптры на С, опредѣляютъ азимуть линіи ВС; пусть онъ равенъ α° . Перенеся буссоль въ точку А, направляютъ лучъ зрѣнія по прямой приблизительно параллельной къ линіи ВС; потомъ обращаютъ буссоль до тѣхъ поръ, пока наблюдателю покажется подпись α° . Оставивъ буссоль въ этомъ положеніи, ставятъ рядъ колебель по продолженію коллимаціонной плоскости діоптровъ. Полученная линія АД параллельна къ данной, потому-что $\angle NBC = \angle NAD = \alpha^\circ$.

Через данную точку проведите линию, перпендикулярную къ данной прямой.

фиг. 207.



Поставивъ буссоль въ точкѣ В (ф. 207), наводятъ діоптры на С и опредѣляютъ азимуть линіи ВС; пусть онъ равенъ $\alpha^\circ < 180^\circ$. Перенеся буссоль въ точку А, направляютъ діоптры на линію ВС, и обращаютъ ее до тѣхъ поръ, пока въ глазномъ діоптрѣ представится дѣленіе, соответствующее $\alpha^\circ + 90^\circ$. Оставивъ буссоль въ этомъ положеніи, провѣшиваютъ линію AD по продолженію колимаціонной плоскости. Линія AD перпендикулярна къ BC, потому-что по установкѣ буссоли въ точкѣ А, линія ab визировація принимаетъ положеніе $a'b'$, перпендикулярное къ прежнему, т. е. глазъ, находящійся при a , описалъ дугу $aa' = 90^\circ$. Если

фиг. 208.



азимуть (ф. 208) данной линіи EF равенъ $\beta^\circ > 180^\circ$, то должно при точкѣ А поворачивать буссоль до тѣхъ поръ, пока наблюдателю представится дѣленіе, соответствующее $\beta^\circ - 90^\circ$. Дѣйствительно: положеніе ab линіи визировація параллельно къ линіи EF; при обращеніи буссоли на 90° , точки a и b описываютъ дуги aa' и bb' , и глазное стекло переходитъ въ a' , а при этой точкѣ глазу представится дѣленіе, соответствующее $\beta^\circ - 90^\circ$, потому-что дѣленія означены на лимбѣ отъ южнаго конца стрѣлки къ западу; слѣдовательно линія визировація $a'b'$ и провѣшенная линія AD перпендикулярны къ данной EF.

§ 94. Нанести на планъ ломанную линію.

а) Избравъ точку О (фиг. 209), изъ которой видны точки А, В, С..., и отъ которой возможно измѣрить разстоянія ОА, ОВ..., опре-

фиг. 209.



дѣляютъ буссолью, поставленной въ точкѣ О, азимуты линій ОА, ОВ, ОС... Отмѣтивъ на брульонѣ градусныя величины азимутовъ, проводятъ на планѣ черезъ точку О прямую NS, означающую направленіе магнитнаго меридіана; при точкѣ О строятъ посредствомъ транспортира углы, равныя полученнымъ азимутамъ. Измѣривъ линіи ОА, ОВ, ОС... и записавъ ихъ длины на брульонѣ, откладываютъ на планѣ отъ точки О по проведеннымъ прямымъ полученныя длины по масштабу; тогда получатся точки a, b, c, \dots , соответствующія даннымъ точкамъ мѣстности. Прямая ab, bc, \dots составляютъ изображеніе данной ломан-

ной линіи. Этотъ способъ называется *способомъ нанесенія изъ одной точки стоянія*.

б) Не всегда возможно опредѣлять данныя точки изъ одной точки стоянія; въ такомъ случаѣ избираютъ двѣ точки O и O' стоянія (Фиг. 210), относительно которыхъ опредѣляютъ положеніе данныхъ.

Фиг. 210.



Для нанесенія на бумагу ломанной линіи $ABC\dots$, опредѣляютъ азимутъ линіи OO' и измѣряютъ ея длину. Измѣривъ разстоянія $OA, OB\dots$ и $O'C, O'D\dots$ и опредѣливъ азимуты первыхъ въ точкѣ O , а послѣднихъ въ O' , проводятъ черезъ точку O на планѣ прямую NS ; при точкѣ O строятъ углы, равные опредѣленнымъ азимутамъ; по проведеннымъ прямымъ откладываютъ по масштабу длины $OA, OB\dots$. Такимъ же образомъ опредѣляютъ точки, соответствующія точкамъ $C, D, E\dots$. Для повѣрки дѣйствія полезно опредѣлить одну и ту-же точку C относительно обѣихъ точекъ стоянія.

в) Означивъ точки ломанной линіи кольями, измѣряютъ разстояніе AB и опредѣляютъ азимутъ α линіи BA , визируя изъ B на A (Ф. 211).

Фиг. 211.



Азимутъ α' линіи BC опредѣляется, наведя діоптры изъ B на точку C . Изъ точки B переносятъ буссоль въ D , наводятъ ея діоптры на C и опредѣляютъ азимутъ β линіи DC ; изъ той-же точки D наводятъ діоптры на E и опредѣляютъ азимутъ β' линіи DE . Въ точкѣ F опредѣляютъ азимуты: γ линіи FE и γ' линіи FG . Для начертанія данной линіи на бумагѣ проводятъ прямую ns черезъ точку a (Фиг. 212), со-

Фиг. 212.



ответствующую точкѣ A ; при точкѣ a строятъ уголъ $nab = \alpha - 180^\circ$ и откладываютъ отъ a до b по масштабу длину AB . Черезъ точку b проводятъ прямую $n's'$, параллельную къ ns и наносятъ уголъ, равный азимуту α' ; отложивъ по масштабу отъ b до c длину BC , строятъ при точкѣ C уголъ $n'cd = \beta - 180^\circ$ (см. Фиг. 205) и т. д. Такимъ же образомъ получаютъ точки $d, e, f\dots$. Если требуется нанести на бу-

Фиг. 213.

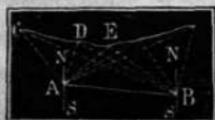


магу кривую линію (Фиг. 213), данную на мѣстности, то замѣняютъ ее ломанною $ABCD\dots$ опредѣляютъ азимуты линіи $AB, BC, CD\dots$ и, измѣривъ ихъ длины, поступаютъ, какъ выше объяснено; кривую линію срисовываютъ на глазъ.

д) Избравъ на мѣстности линію AB (Фиг. 214) въ недалекомъ раз-

стоянии отъ снимаемой линіи такъ, чтобы изъ точекъ А и В были видны точки С, D, Е... данной линіи и чтобы разстояніе АВ возможно было измѣрить. Опредѣливъ длину линіи АВ и ея азимуть, наводятъ діоптры буссоли изъ А на С, D, Е... и опредѣляютъ азимуты линій

Фиг. 214.



АС, АД, АЕ...; записавъ найденныя величины, переносятъ буссоль въ точку В и опредѣляютъ азимуты линій ВС, ВD, ВЕ... Построивъ на бумагѣ при точкахъ *a* и *b* прямой *ab* углы, равныя найденнымъ азимутамъ, опредѣлятся точки *c*, *d*, *e*..., соотвѣтствующія точкамъ С, D, Е, засѣчкою впередъ (§ 93). Линія АВ, относительно которой опредѣляются точки данной линіи, называется *основаніемъ*, *базою* или *базисомъ*. Можетъ случиться, что при опредѣленіи точекъ данной линіи, нельзя, по мѣстнымъ обстоятельствамъ, визировать изъ точки А или В провѣшаннаго базиса на какую-нибудь точку Е; тогда эту точку можно опредѣлить обратной засѣчкою (§ 93) изъ А и D или А и С.

Снять контуръ АВDEF лѣса (Фиг. 215).

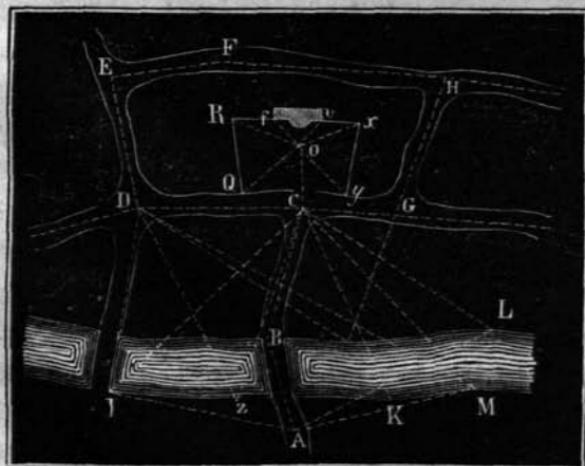
Фиг. 215.



Поставивъ колья въ точкахъ пересѣченія прямыхъ линій и въ наибольшихъ изгибахъ кривыхъ, ограничивающихъ лѣсъ, опредѣляютъ длины и азимуты разстояній между кольями. Найденныя величины наносятъ на бумагу по предъидущему.

Снять участокъ съ предметами на немъ находящимися (Фиг. 216).

Фиг. 216.



Поставивъ колья А, В, С... на осяхъ дорогъ и въ замѣчательнѣйшихъ точкахъ мѣстности, опредѣляютъ въ начальномъ пунктѣ А азимуты линій АВ, АМ, АL, АI и измѣряютъ разстояніе АВ. Въ точкѣ В опредѣляютъ азимуть линіи ВС и ея длину. Перенеся буссоль въ точку С, опредѣляютъ азимуты линій СL, СМ, СК, СZ, СI и СD. Въ точкѣ D опредѣляютъ азимуты линій DK, DZ,

DI, DE; потомъ опредѣляютъ точки F, G, H. Дойдя до точки G, можно продолжать съемку берега рѣки. Точки K, L, M, I, Z опредѣляются на планѣ засѣчкою впередъ. Чтобы снять домъ съ окружающимъ дворомъ, должно опредѣлить точку O, взятую на дворѣ, по азимуту линіи OC и извѣстной ея длинѣ; изъ точки O опредѣляютъ точки Q, R... Результаты съемки буссолью записываютъ въ таблицѣ слѣдующимъ образомъ :

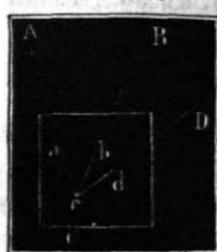
Точки стоянія.	Азимуты.	Разстоянія.	З а м ѣ ч а н і я .
A	AB α° AL β° AM γ° AJ ϑ°	AB = a саж.	Точки L, M, J опредѣлены засѣчкою впередъ изъ точекъ A и C. Точки K, Z опредѣлены засѣчкою впередъ изъ C и D.
B	BC φ°	BC = b саж.	
C	CD ψ°	CD = c саж.	

Повѣрка съемки сомкнутаго многоугольника производится вычисленіемъ суммы внутреннихъ угловъ. При съемкѣ дорогъ, береговъ рѣкъ и т. п. соединяютъ полученные ихъ точки такъ, чтобы образовались сомкнутыя фигуры, углы которыхъ повѣряютъ по предъидущему. Должно замѣтить, что при буссольной съемкѣ по немѣнѣи верньера допускается ошибка въ 15'.

§ 95. Употребленіе мензулы.

- 1) *Опредѣлить на планѣ положеніе точекъ A, B, C..., данныхъ на мѣстности (Фиг. 217).*

Поставивъ мензулу на одной изъ данныхъ точекъ, на примѣръ на C, отмѣчаютъ на бумагѣ точку c, отвѣсно находящуюся надъ C и ориентируютъ мензулу посредствомъ ориентиръ-буссоли (§ 86).



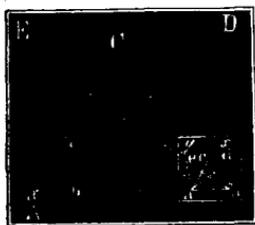
Приставивъ край линейки къ точкѣ c, наводятъ діоптры или трубу на точки A, B, D... и проводятъ на бумагѣ линіи визировація, по масштабѣ откладываютъ по нимъ отъ точки c длины измѣренныхъ линій CA, CB, CD...; тогда получатся точки a, b, d..., соответствующія даннымъ A, B, D...

Дѣйствительно $\triangle sab$ подобенъ $\triangle CAB$ и $\triangle bcd$ подобенъ $\triangle BCD$, а потому будетъ $ab : ac : bc : bd : cd = AB : AC : BC : BD : CD$.

2) *Определить на бумагѣ положеніе точки С мѣстности, когда на мензулѣ дана прямая ab , соответствующая линіи АВ на мѣстности (фиг. 218).*

Поставивъ мензулу точкою a надъ А, ориентируютъ ее по линіи ab (§ 87); потомъ, приложивъ край линейки къ точкѣ a , наводятъ діоптры или трубу на С и проводятъ по краю линейки линію ax . Поставивъ мензулу точкою b надъ В, ориентируютъ ее по прямой ba и наводятъ діоптры или трубу чрезъ b на С; по краю линейки проводятъ линію by ; точка c пересѣченія прямыхъ ax и by опредѣляетъ на бумагѣ положеніе точки С мѣстности.

фиг. 218.

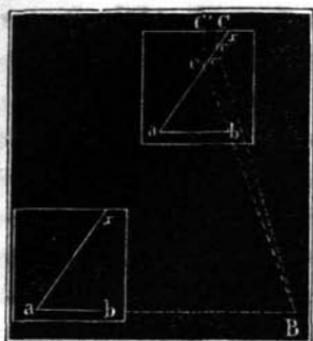


Въ самомъ дѣлѣ $\triangle abc$ подобенъ $\triangle ABC$, потому - что $\angle A = \angle a$, $\angle B = \angle b$; откуда $ac : AC = bc : BC = ab : AB$, слѣдовательно между линіями АС и ac , ВС и bc существуетъ такое-же отношеніе, какое имѣется между АВ и ab . Этотъ способъ опредѣленія точекъ по двумъ даннымъ на мензулѣ называется *засѣчкою впередъ*.

Такимъ-же образомъ, какъ опредѣлено на бумагѣ положеніе точки С, можно опредѣлить и точки D, E... мѣстности. Поставивъ мензулу точкою a надъ А, проводятъ на бумагѣ линіи визированія, направленныя на D, E... Перенеся мензулу въ точку В, наводятъ діоптры чрезъ b на тѣ-же точки мѣстности и проводятъ прямыя bd , be ... Точки пересѣченія линій визированія, проведенныхъ чрезъ a , съ соответствующими имъ, проведенными чрезъ b , опредѣляютъ точки d , e ... Прямыя ax и by ... полезно провести до самаго края бумаги и приписать здѣсь наименованіе предмета, на который визировали; точки пересѣченія линій визированія означаютъ кружками и буквами. Эти точки опредѣляются тѣмъ съ большею точностью, чѣмъ ближе подходитъ уголъ, составляемый линіями визированія, къ 90° ; точки пересѣченія линій визированія, составляющихъ уголъ, меньшій 30° , нельзя опредѣлить точно; по этой причинѣ должно избѣгать треугольниковъ, содержащихъ тупые углы или углы, меньшіе 30° .

§ 96. По двумъ точкамъ А и В, (фиг. 219) положеніе которыхъ на мензулѣ извѣстно, возможно опредѣлить положеніе третьей точки С, еще слѣдующимъ образомъ: поставивъ мензулу точкою a отвѣ-

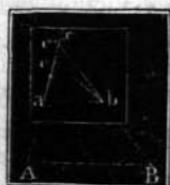
Фиг. 219.



по надъ А, ориентируютъ ее по *ab* и направляютъ діоптры или трубу чрезъ *a* на точку *С*. Проведя линію *ax* визироваія, переносятъ мензулу на точку *С*. На проведенной линіи *ax* отмѣчаютъ точку *c'*, отвѣсно находящуюся надъ *С* и ориентируютъ мензулу по линіи *ax*; тогда прямая *ab* приметъ положеніе, параллельное къ линіи *AB*. Приложивъ край линейки къ точкѣ *b* и направивъ діоптры на *В*, проводятъ прямую *bc*, опредѣляющую въ пересѣченіи съ прямою *ax* точку *c*.

Полагая, что подъ точкою *c* находится на мѣстности точка *С'*, получимъ два подобныя треугольника *abc* и *ABC'*; они подобны, потому что $\angle A = \angle a$, $\angle B = \angle b$ и $\angle C' = \angle c$ и прямая *ab* представляетъ линію *AB*, уменьшенную въ известное число разъ; отсюда слѣдуетъ, что взаимныя разстоянія между точками *a, b, c* на мензулѣ равны по масштабу соответствующимъ разстояніямъ между точками *A, B, C'* на мѣстности; слѣдовательно *c* соответствуетъ точкѣ *С'*, которая для дальнѣйшей работы можетъ замѣнить точку *С*. (*) Если разстоіііе между точками *С* и *С'* значитель-

Фиг. 220.



но или если требуется опредѣлить на мензулѣ истинное положеніе точки *С*, то должно передвигать мензулу до тѣхъ поръ, пока найденная точка *c* (Фиг. 220) будетъ находиться отвѣсно надъ данной точкою *С*; ориентировавъ мензулу снова по линіи *ca*, наводятъ діоптры чрезъ *b* на *В* и проводятъ по краю линейки прямую линію. Пересѣченіе этой линіи съ прямою *ax* опредѣляетъ точку *c''*. Изъ предъидущаго слѣдуетъ, что главное затрудненіе состоитъ въ ориентированіи мензулы по установкѣ ея какою-нибудь точкою линіи *ax* отвѣсно надъ *С*; по приведеніи прямой *ax* въ одну вертикальную плос-

(*) Ориентировавъ мензулу (Фиг. 219) по прямой *ax* на *A* и проведя линію *c'В* визироваія на *В* и прямую *bc''* параллельно къ *c'В*, получимъ $ab : AB = bc'' : BC$ и изъ подобныхъ треугольниковъ *BcС* и *bcc''* имѣемъ $cc'' : cС = bc'' : BC$; откуда $ab : AB = cc'' : cС$, но $ab = \frac{AB}{84. n}$ (§ 34), слѣдовательно $cc'' = \frac{cС}{84. n}$. Такъ какъ *cС* вообще величина, не превышающая $1\frac{1}{2}$ фута, то часть *cc''* такъ мала, что ее нельзя выразить на плащѣ. Отсюда слѣдуетъ, что точка *c* безъ погрѣшности можетъ быть принята за истинное положеніе точки *С*.

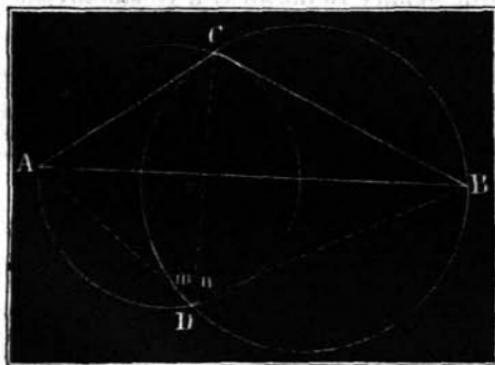
кость съ линією AC , прямая ab приметъ положеніе, параллельное къ линіи AB , а потому треугольникъ abc подобенъ $\triangle ABC$. Этотъ способъ опредѣленія точекъ называется *заспѣкою назадъ* или *обратною заспѣкою*.

Часто встрѣчается, что съемщикъ находится въ такой точкѣ D мѣстности, на которую не визировалъ ни изъ одной точки. Положеніе точки D возможно опредѣлить, не перенеся мензулу изъ D ; для рѣшенія этого вопроса необходимо, чтобы изъ D были видны три точки A, B, C , положеніе которыхъ на мензулѣ извѣстно. Главное затрудненіе составляетъ ориентированіе мензулы въ точкѣ D . Хотя возможно ориентировать ее по странамъ свѣта, однако это ориентированіе не даетъ желаемой точности при опредѣленіи положенія точекъ мѣстности.

§ 97. *Требуется опредѣлить на мензулѣ положеніе точки D по извѣстнымъ точкамъ a, b, c , соответствующимъ A, B, C .*

Опредѣливъ углы (Фиг. 221) $\angle ADC = m$ и $\angle CDB = n$, составляемые линіями визированія, направленными изъ D на A, B, C , получаютъ положеніе точки D , потому что не можетъ быть другой точки, состав-

Фиг. 221.

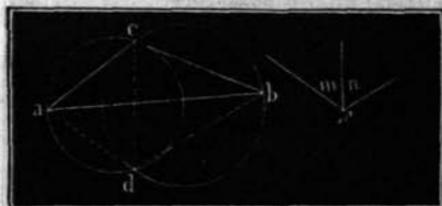


ляемой съ A, B, C углами m и n . Для объясненія этого, представимъ себѣ окружность, проходящую чрезъ хорду AC , вписанный уголъ которой равенъ m , также окружность, проведенную чрезъ BC , въ которой вписанъ уголъ n ; эти двѣ окружности пересѣкаются въ точкахъ C и D и углы $\angle ADC$ и $\angle BDC$ при точкѣ D равны m и n . Извѣстно, что въ подобныхъ фигурахъ углы равны, а потому на мензулѣ точка d должна составлять съ точками a, b, c углы m и n ; слѣдовательно предъидущій вопросъ обращается въ слѣдующій: *опредѣлить углы m и n и точку d такимъ образомъ, чтобы $\angle adc = m$ и $\angle cdb = n$* . Изъ предъидущаго слѣдуетъ, что существуетъ одна только точка d , удовлетворяющая условію. Рѣшеніе этой задачи посредствомъ угловъ m и n только въ томъ случаѣ возможно, когда точка D не находится на одной окружности или на одной прямой съ точками A, B, C ; ибо если D находится на одной

окружности съ точками А, В, С, то углы m и n могли бы находиться своими вершинами не только при D, но и при всякой точкѣ дуги АDB; если точки А, В, С, D лежатъ на одной прямой (прямую линію можно принимать за окружность съ безконечнымъ радіусомъ), то углы m и n равнялись бы 0 или 180° ; этому условію можетъ удовлетворять всякая точка прямой линіи. Въ двухъ предыдущихъ случаяхъ нѣтъ возможности опредѣлить положеніе точки D, а потому они не подлежатъ дальнѣйшему разсмотрѣнію.

Рѣшеніе I. Поставивъ мензулу произвольною точкою ϑ (ф. 222)

фиг. 222.

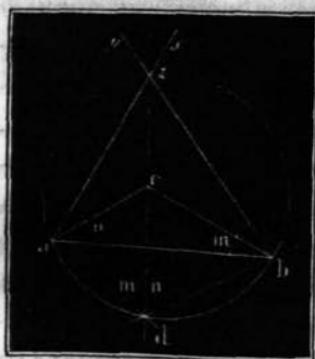


отвѣсно надъ D, визируютъ чрезъ нее на точки А, С, и В; тогда получатся углы m и n . Описывая на ac окружность, въ которой вписанный уголъ равенъ m и на bc другую окружность, въ которой впи-

санный уголъ равенъ n , получимъ точку d ихъ пересѣченія, удовлетворяющую условію.

Рѣшеніе II. Опредѣливъ, какъ въ предыдущемъ случаѣ, углы

фиг. 223.



m и n (фиг. 223), наносятъ при a уголъ $bax = \angle n$ и при b уголъ $aby = \angle m$; продолживъ ax и by до ихъ пересѣченія z , описываютъ чрезъ точки a, b, z окружность; пересѣченія этой окружности съ прямою cz опредѣляетъ точку d , означающую положеніе точки D. Въ самомъ дѣлѣ: $\angle adc = \angle aby = \angle m$ и $\angle bdc = \angle bax = \angle n$, следовательно d образуетъ съ a, c, b такіе-же углы, какіе точка D составляетъ съ А, С, В. Точка z называется

вспомогательной точкою, а потому этотъ способъ опредѣленія точки называется *рѣшеніемъ посредствомъ вспомогательной точки*.

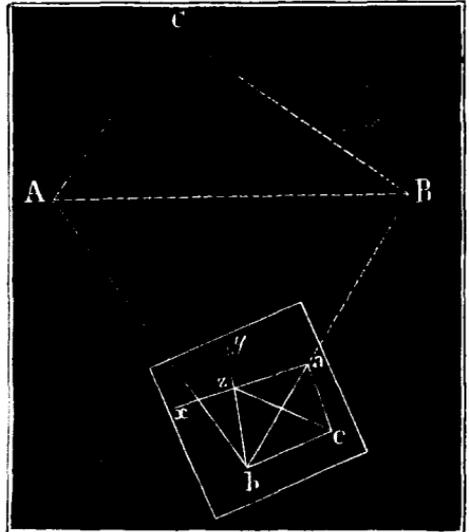
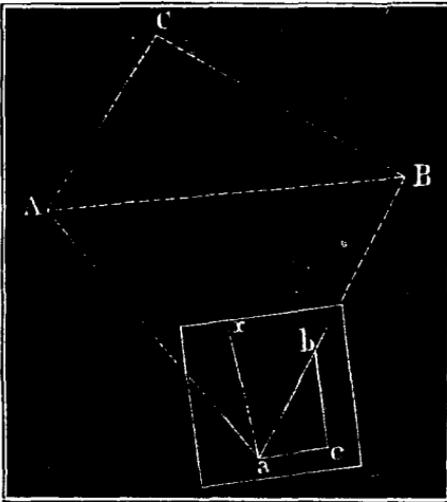
Такъ какъ точка d находится на прямой cz , проходящей чрезъ точки c и d , то эта-же прямая получилась бы по установкѣ мензулы на С и по проведеніи линіи визировація чрезъ c на D. Разсмотрѣвъ cz , какъ линію визировація, проходящую чрезъ точки С и D, возможно опредѣлить d обратной засѣчкою (§ 96), не описывая окружности чрезъ точки a, b, z .

РѢШЕНІЕ III. Взявъ въ соображеніе предъидущее замѣчаніе и построивъ углы m и n непосредственно на прямой ab , получимъ рѣшеніе, составленное *Боенбергеромъ* и *Бесселомъ*.

Поставивъ мензулу точкою a (фиг. 224) надъ D и ориентировавъ ее

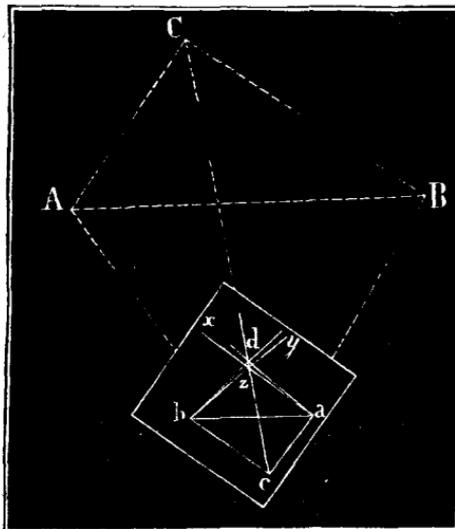
фиг. 224.

фиг. 225.



по ab на точку B , наводятъ діоптры чрезъ a на C и проводятъ прямую

фиг. 226.



ax ; переставивъ потомъ мензулу точкою b надъ D (фиг. 225) и ориентировавъ ее по линіи ba на точку A , визируютъ чрезъ b на C и проводятъ прямую by ; тогда получимъ $\angle xab = n$ и $\angle yba = m$. Далѣе ориентируютъ мензулу, приложивъ край линейки къ прямой, проходящей чрезъ точки c и z и визируя на C (фиг. 226): точка d опредѣляется обратной засѣчкою изъ точки A или B . Послѣдній способъ удобнѣе другихъ, потому что при этомъ рѣшеніи нѣтъ надобности вводить вспомогательныя линіи, описывать

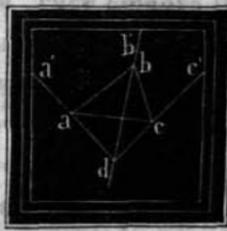
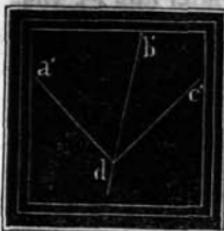
окружности и т. п.; но весьма часто этотъ способъ оказывается неудобнымъ. Вѣрность дѣйствія зависитъ отъ вспомогательной точки z ,

опредѣляющей прямую sz , по которой мензула ориентуется. Если точка z лежит весьма близко отъ s , то ориентированіе мензулы по короткой sz неточно; малѣйшая ошибка въ опредѣленіи точки z или незначительное отклоненіе края линейки отъ линіи sz влечетъ за собою тѣмъ большую погрѣшность, чѣмъ короче прямая sz . Также получается положеніе точки d неточнымъ, когда прямая ax и by пересѣкаются подъ весьма острымъ угломъ; еще чувствительнѣе бываетъ погрѣшность, когда точка z упадетъ внѣ мензульнаго листа и должна быть замѣнена другою точкою, получаемую проведеніемъ въ треугольникѣ abc прямой $a'b'$, параллельной къ ab и ближе къ точкѣ s . Кромѣ этихъ неудобствъ весьма замедляетъ работу установка мензулы для опредѣленія вспомогательной точки z ; иногда линіи визированія пересѣкаютъ прямую sz не въ одной точкѣ d . Въ такомъ случаѣ опредѣляютъ ее по приближенію.

§ 98. *Рѣшеніе посредствомъ прозрачной бумаги.* Укрѣпивъ на мензульной доскѣ (фиг. 227) листъ

фиг. 227.

фиг. 228.

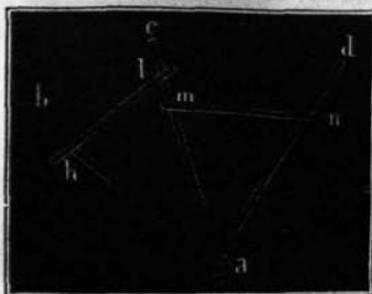


прозрачной бумаги и означивъ на немъ точку d , отвѣсно находящуюся надъ D , проводятъ линіи da' , db' , dc' визированія, направленные на A , B , C . Снявъ прозрачную бумагу, кладутъ ее опять

на мензульную доску (фиг. 228) такимъ образомъ, чтобы проведенныя линіи da' , db' , dc' проходили чрезъ соответствующія точки a , b , c . Оставивъ листъ въ этомъ положеніи неподвижнымъ, прокалываютъ точку d . Этотъ способъ имѣетъ то неудобство, что невозможно гладко положить бумагу въ особенности во время вѣтренной погоды.

Посредствомъ снаряда, изобрѣтеннаго Генералъ-Маіоромъ Болотовымъ (фиг. 229). Этотъ инструментъ состоитъ изъ трехъ тонкихъ али-

фиг. 229.

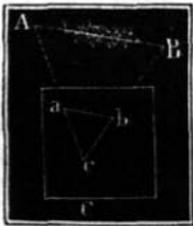


дадь, вращающихся около одной оси a ; ось находится въ цилиндрической трубкѣ, имѣющей сверху глазной діоптръ и внутри иглу, подпираемую пружиною. Прорѣзъ діоптра и конецъ иглы должны находиться на одной вертикальной линіи; на противоположныхъ концахъ алидадь помѣщены предметные діоптры

и посреди алидадъ винтики *k*, *l*, *m*, *n*, входящіе въ прорѣзы металлическихъ пластинокъ, прикрѣпляемыхъ гайками къ алидадамъ и служащихъ для сръпленія ихъ въ данномъ положеніи. При употребленіи инструмента наводятъ лучи зрѣнія чрезъ скважину *a* и діоптры двухъ лѣвыхъ линеекъ послѣдовательно на лѣвыя точки мѣстности и закрѣпляютъ гайки винтовъ *k* и *l*; потомъ правую алидаду наводятъ на правую точку, повѣряютъ наведены-ли всѣ діоптры съ точностью на три соотвѣтствующія точки и закрѣпляютъ гайки *m* и *n*. Послѣ того кладутъ весь снарядъ на планъ такъ, чтобы правые края линеекъ *ab* и *ac* и лѣвый край линейки *ad* прошли чрезъ соотвѣтствующія точки плана; тогда, придавивъ глазою діоптръ, накалываютъ на планъ точку, которая и представитъ требуемую.

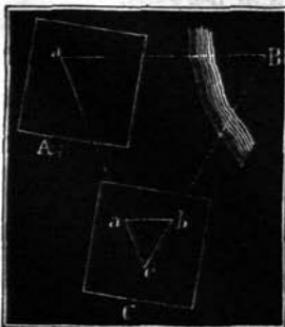
§ 99. *Найти длину линіи АВ, данной на мѣстности, когда: 1) оконечности ея приступны; 2) одна только оконечность приступна и 3) вся линія непрístupна.*

1) Избираютъ точку *C* (фиг. 230) стоянія такъ, чтобы она съ точками *A* и *B* составляла приблизительно равносторонній треугольникъ,



притомъ, чтобы возможно было измѣрить разстоянія *AC* и *BC*. Поставивъ мензулу въ точкѣ *C* и означивъ на бумагѣ точку *c*, ей соотвѣтствующую, проводятъ линіи визированія, направленныя изъ *C* на точки *A* и *B*; отложивъ отъ *c* по масштабу измѣренныя разстоянія *AC* и *BC*, получаютъ треугольникъ *abc*, подобный треугольнику *ABC*.

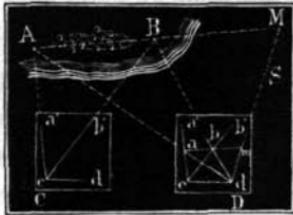
2) Пусть точка *B* непрístupна (фиг. 231); поставивъ мензулу въ точкѣ *A*, означаютъ на бумагѣ ей соотвѣтствующую *a*; наводятъ діоптры чрезъ *a* на *B* и на точку *C*, избранную внѣ линіи *AB*. Измѣривъ линію *AC*, наносятъ ея длину по масштабу отъ *a* до *c*; переносятъ мензулу въ точку *C* и ориентируютъ ее на *ac*; проведя линію визированія, направленную чрезъ *C* на *B*, получимъ точку *b* пересѣченія линій *ab* и *cb*. Слѣдовательно прямая *ab* выражаетъ по масштабу длину линіи *AB*.



длина линіи *AB*.

3) Избравъ линію *CD* (фиг. 232), ставятъ мензулу въ точкѣ *C* и

Фиг. 232.



наводят діоптры на А, В, D; на бумагѣ проводят линіи ca' , cb' , cd' визирванія; по линіи cd' откладывають по масштабу длину измѣренной линіи CD отъ c до d ; переставивъ мензулу точкою d отвѣсно надъ D, ориентируютъ ее по линіи dc и наводятъ діоптры чрезъ d на А и В; проведя на бумагѣ линіи визирванія, получимъ точки a и b пересѣченія соотвѣтствующихъ линій. Очевидно, что фигура $abcd$ подобна фигурѣ ABCD, потому получимъ $ab : AB = cd : CD$, т. е. ab равна по масштабу длинѣ линіи АВ. Предѣлущая задача имѣетъ различныя приложенія; рассмотримъ нѣкоторыя изъ нихъ.

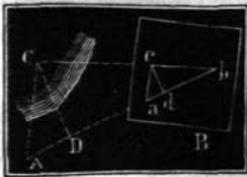
§ 100. На продолженіи линіи АВ (Фиг. 232) должно найти точку, полагая, что АВ непреступна и по ея направленію нельзя визировать.

Опредѣливъ, по 3-му рѣшенію предѣлущей задачи, прямую ab , соотвѣтствующую по масштабу линіи АВ, проводятъ чрезъ d прямую линію vd треугольника abd и продолжаютъ ab до пересѣченія t съ проведенной прямою. Приложивъ край алидады къ прямой dt , ставятъ въ колимаціонной плоскости діоптровъ колѣ. Отъ точки D по направленію DS отмѣриваютъ столько сажень, сколько прямая dt содержитъ по масштабу; тогда получится точка M, соотвѣтствующая точкѣ t на бумагѣ и находящаяся на продолженіи линіи АВ.

Изъ непреступной точки С опуститъ перпендикуляръ на прѣступную линію АВ (Фиг. 233)

По предѣлущему опредѣляютъ на мензулѣ треугольникъ abc , подобный ABC и опускаютъ изъ c на прямую ab

Фиг. 233.

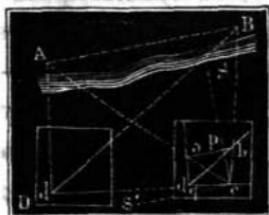


перпендикуляръ cd ; отъ точки А отмѣриваютъ до D столько сажень, сколько по масштабу содержится въ прямой ad . Полученная точка D соотвѣтствуетъ точкѣ d и опредѣляетъ съ данною С направленіе перпендикуляра.

Изъ прѣступной точки С опуститъ перпендикуляръ на непрѣступную линію АВ (Фиг. 234).

Опредѣляютъ по 3-му рѣшенію задачи прямую ab , соотвѣтствующую

фиг. 234.



ную линию АВ, принявъ точку С за вторую точку стоянія мензулы. Получивъ на бумагѣ фигуру $abcd$, опускаютъ изъ c на ab перпендикуляръ cr . Приложивъ край алидады къ прямой cr и поставивъ въ колимаціонной плоскости діоптровъ колъ S , получимъ CS направленіе перпендикуляра.

Черезъ данную точку C провѣсятъ прямую, параллельную къ неприступной AB (фиг. 234).

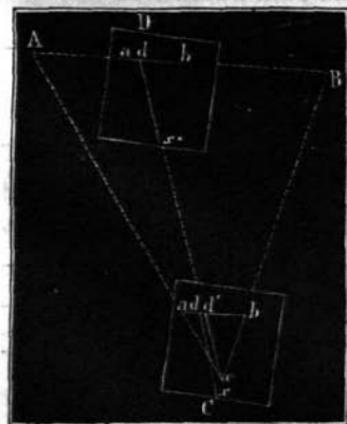
По 3-му рѣшенію задачи опредѣляютъ на бумагѣ фигуру $abcd$; проведя черезъ c прямую sq , параллельную къ ab и поставивъ въ колимаціонной плоскости, проходящей черезъ sq , колъ S' , получимъ линію CS' , параллельную къ линіи AB .

§ 101. По данному на мензуль разстоянію ab двухъ точекъ A и B мѣстности опредѣлить положеніе третьей точки C , когда 1) мензулу можно поставить на одной изъ данныхъ точекъ, 2) ни на одной изъ данныхъ точекъ, но въ какой нибудь точкѣ линіи AB и 3) въ точкѣ, взятой вѣдъ линіи AB .

1) Точка C опредѣляется обратной засѣчкою изъ приступной точки A .

2) Изобразъ на линіи AB (фиг. 235) точку D , ставятъ мензулу произвольною точкою d прямой ab отвѣсно надъ D и ориентируютъ ее по ab на точки A и B (§ 87). Приложивъ край линейки къ точкѣ d и наведя діоптры на C , проводятъ прямую ax ; перенеся мензулу въ точку C , ставятъ ее произвольною точкою прямой dx отвѣсно надъ C и ориентируютъ ее по линіи dx на точку D ; тогда ab приметъ положеніе, параллельное къ AB . Наведя діоптры чрезъ a на A и чрезъ b на B и проведя линіи визированія, получаютъ точку c ихъ пересѣченія, соответствующую точкѣ C , ибо $\triangle abc$ подобенъ $\triangle ABC$. Посредствомъ вспомогательной точки d мензула была ориентирована по прямой dx ; потому достаточно, чтобы точка d находилась отвѣсно надъ D , хотя ея положеніе относительно точекъ a и b не вѣрно. Для опредѣленія на бумагѣ истиннаго

фиг. 233.



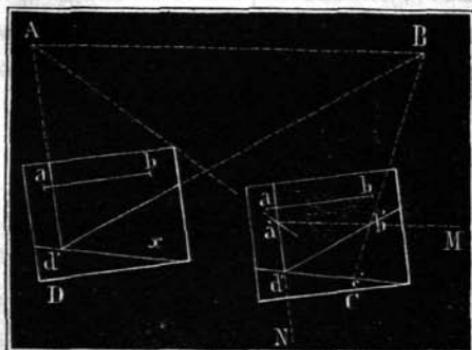
фиг. 233.

точки d мензула была ориентирована по прямой dx ; потому достаточно, чтобы точка d находилась отвѣсно надъ D , хотя ея положеніе относительно точекъ a и b не вѣрно. Для опредѣленія на бумагѣ истиннаго

положенія точки *D*, направляютъ алидаду чрезъ точку *c* на *D*; точка *d'* пересѣченія линіи визировапія съ прямою *ab*, опредѣлитъ положеніе точки *D*. Дѣйствіе остается то-же самое, если точка *D* избрана на продолженіи линіи *AB*.

3) Для опредѣленія (фиг. 236) на планѣ положенія линіи *AB*, провѣшиваютъ чрезъ точку *C* линію *CD*. Поставивъ мензулу въ точкѣ *D*,

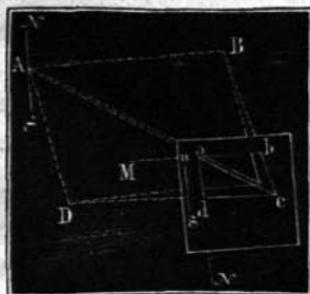
фиг. 236.



поворачиваютъ доску такъ, чтобы прямая *ab* приняла положеніе, приблизительно параллельное къ линіи *AB*; отмѣчаютъ на бумагѣ точку *d'*, отвѣсно находящуюся надъ *D* и визируютъ чрезъ *d'* на *A*, *B* и *C*; на линіи *d'x* визировапія отмѣтивъ точку *c'*, переставляютъ мензулу точкою *c'* отвѣсно надъ *C*, ориентируютъ ее по

прямой *c'd'* на точку *D* и визируютъ чрезъ *c'* на точки *A* и *B*. Линіи визировапія, проведенныя чрезъ *c'*, пересѣкаются съ линіями, проходящими чрезъ *d'*, въ точкахъ *a'* и *b'*; а потому получится фигура *a'b'c'd'* подобная фигурѣ *ABCD*. Отношеніе прямой *a'b'* къ линіи *AB* произвольное, потому что прямая *c'd'* не выражаетъ по масштабу длину линіи *CD*. Чтобы привести прямую *ab* въ параллельное положеніе къ линіи *AB*, прикладываютъ край линейки къ прямой *a'b'* и ставятъ въ продолженной колимационной плоскости діоптровъ или трубы коль *M*; приложивъ край линейки къ прямой *a'd'*, ставятъ коль *N*. Опре-

фиг. 237.

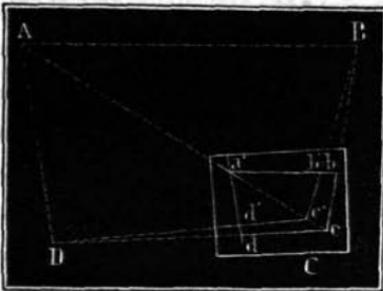


дѣливъ на мѣстности точку *P*, отвѣсно находящуюся подъ *a'*, получимъ $\angle MPN = \angle b'a'd'$. Передвигая мензульную доску такъ, чтобы точка *a* пришлась отвѣсно надъ *P* и приложивъ край линейки къ прямой *ab*, наводятъ діоптры или трубу обращеніемъ микрометрическаго винта на коль *M* (фиг. 237); тогда прямая *ab* приметъ то-же положеніе, которое имѣла прямая *a'b'*, т. е. параллельное къ линіи *AB*. Положеніе точки *C* опредѣляется линіями визировапія, направленными чрезъ *a* на *A* и чрезъ *b* на *B*; тогда полученная точка *c* ихъ пересѣченія требуемая, ибо $\triangle abc$ подобенъ $\triangle ABC$. Визируя чрезъ *c* на *D* и чрезъ *a* на *N*, полу-

чимъ точку d , соответствующую точкѣ D . Если на мензулѣ кромѣ прямой ab означено направленіе магнитнаго меридіана, то возможно въ точкѣ C ориентировать мензулу непосредственно, а именно: поставивъ мензулу въ точкѣ C , прикладываютъ выдающійся край ориентиръ-буссоли къ проведенной прямой NS и ориентируютъ мензулу по странамъ свѣта. Закрѣпивъ послѣ этого становой винтъ, визируютъ чрезъ a на A и чрезъ b на B (Фиг. 237); точка c пересѣченія линій визироваія требуемая. Этотъ способъ опредѣленія точекъ весьма неточенъ; онъ употребляется только въ тѣхъ случаяхъ, когда не требуется большой точности.

По известной длинѣ непруступной линіи AB , которая на бумагѣ не нанесена, опредѣлить положеніе точки C относительно AB (Ф. 238).

фиг. 238.



Провѣсивъ чрезъ C линію CD , поступаютъ, какъ при 3-мъ рѣшеніи задачи; тогда получится фигура $a' b' c' d'$ подобная фигурѣ $ABCD$; сходственные стороны этихъ четырехугольниковъ параллельны между собою. Однако полученная прямая $a' b'$ не выражаетъ по масштабу длину линіи AB , ибо прямая $c' d'$ взята произвольно. Потомъ откладываютъ по масштабу отъ a' до b' известную длину линіи AB и визируютъ чрезъ b' на B ; точка c пересѣченія линій визироваія bc съ прямою $a' c'$ опредѣлитъ положеніе точки C . Для опредѣленія положенія точки D , визируютъ чрезъ c на D ; въ пересѣченіи прямыхъ cd и $a' d'$ получится точка d .

§ 102. *Нанести на бумагу ломанную линію, данную на мѣстности.*

а) *Изъ одной точки стоянія* (Фиг. 239). Опредѣливъ на мензулѣ по известнымъ уже точкамъ положеніе точки O , переносятъ инструментъ въ эту точку, ориентируютъ мензулу по прямой, проходящей чрезъ O и визируютъ на точки A, B, C, \dots

фиг. 239.

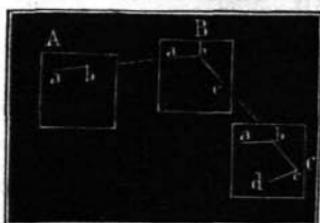


Измѣривъ разстоянія AO, BO, CO, \dots цѣпью, откладываютъ ихъ длины по масштабу. Для опредѣленія длины линій AO, BO, \dots съ удобствомъ употребляется дальномѣръ (§ 83). Если по мѣстнымъ обстоятельствамъ невозможно измѣрить какое-нибудь разстояніе OC ,

то опредѣляютъ точку C засѣчкою впередъ изъ точекъ O и B . Если случится, что разстоянія OB , OC ... нельзя измѣрить, то, опредѣливъ точку A измѣреніемъ, переносятъ мензулу въ A и ориентируютъ ее по прямой ao ; чрезъ точку a наводятъ алидаду на B ; измѣривъ линію AB , откладываютъ ея длину по масштабу. Ставятъ мензулу въ точкѣ B , наводятъ алидаду на C и откладываютъ на бумагѣ длину линіи BC . Можно также, по нанесеніи линіи AO и проведеніи линій BO , CO визированія, опредѣлить точку B по точкамъ A и O обратною засѣчкою, и точку C по точкамъ B и O .

б) Опредѣливъ на бумагѣ положеніе точки A (фиг. 240) по двумъ

фиг. 240.

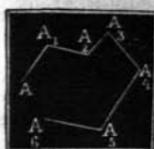


уже нанесеннымъ точкамъ мѣстности, ставятъ инструментъ въ A , ориентируютъ доску по проведенной линіи и визируютъ на B ; измѣривъ разстояніе AB , откладываютъ эту длину по масштабу отъ a до точки b . Поставивъ мензулу точкою b отвѣсно надъ B и ориентировавъ ее по линіи ab , опредѣляютъ

точку c ; такимъ-же образомъ получатся точки d , e , f ...

Опредѣливъ на бумагѣ точку a , соответствующую точкѣ A , можно ориентировать мензулу въ точкахъ A , B , C ... стоянія посредствомъ ориентиръ-буссоли; этимъ ориентированіемъ представляется возможность проводить линіи визированія независимо одну отъ другой, но вообще оно не даетъ желаемой точности, потому-что зависитъ отъ доброты инструмента и отъ другихъ внѣшнихъ обстоятельствъ. При употребленіи ориентиръ-буссоли, дѣйствіе производится слѣдующимъ образомъ: поставивъ мензулу въ точкѣ A_1 (фиг. 241) и ориентировавъ ее по странамъ свѣта (§ 86), опредѣляютъ точки a , a_1 , a_2 по предъ-

фиг. 241.



идущему. Перенеся мензулу въ точку A_3 , опредѣляютъ ея положеніе a_3 на глазъ; ставятъ мензулу точкою a_3 отвѣсно надъ A_3 , ориентируютъ посредствомъ ориентиръ-буссоли; приложивъ край линейки къ точкѣ a_2 , наводятъ діоптры на A_2 и проводятъ прямую $a_2 a_3$, равную по масштабу измѣренной линіи $A_2 A_3$; тогда получится точка a_3 . Наведя алидаду чрезъ a_3 на точку A_4 и отложивъ по масштабу длину $A_3 A_4$, получится точка a_4 . Поставивъ мензулу въ точкѣ A_3 , означаютъ положеніе этой точки на глазъ; ориентировавъ мензулу, направляютъ алидаду чрезъ a_1 на A_1 и откладываютъ по проведенной линіи визированія длину $A_1 A_3$.

по масштабу. Этотъ способъ употребляется въ томъ случаѣ, когда ломанная линія находится на мѣстности закрытой.

с) Если изъ двухъ точекъ М и N (фиг. 242), положеніе которыхъ
 фиг. 242.



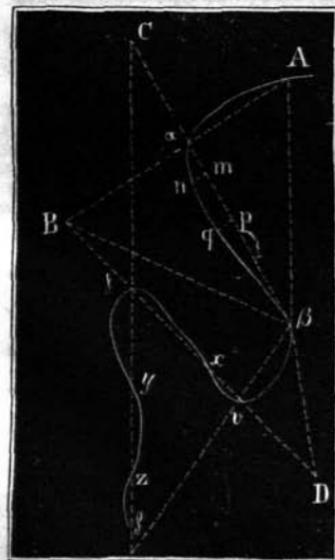
на мензулѣ извѣстно, видны точки А, В, С... данной линіи, то послѣднія опредѣляются изъ нихъ засѣчкою впередъ. Для этого ставятъ мензулу точкою *m* отвѣсно надъ М, ориентируютъ ее по прямой *tm* и визируютъ чрезъ *t* на точки А, В, С...; поставивъ мензулу точкою *n* отвѣсно надъ N и ориентировавъ ее по прямой *nt*, наводятъ алидаду чрезъ *n* на тѣ-же точки; точки *a*, *b*, *c*... пересѣченія линій визирования *ta* и *na*, *tb* и *nb* и т. д. опредѣляютъ на бумагѣ положеніе точекъ А, В, С...

д) Положимъ, что на мензулѣ извѣстно положеніе точекъ А, В,
 фиг. 243.



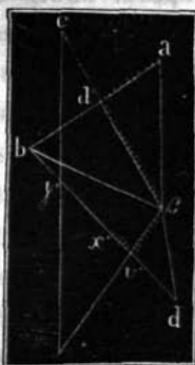
С... (фиг. 243) и что требуется опредѣлить точки Е и D. Измѣривъ разстоянія ВС и АС, отмѣчаютъ на брульонѣ части ВG и АF. Точками F и G опредѣляется направленіе линіи ED; измѣривъ части EF и DG, получимъ положеніе точекъ Е и D. Этотъ способъ съ удобностью употре-

бляется въ томъ случаѣ, когда мѣстность открыта и слѣдовательно
 фиг. 244.



дозволяетъ производить измѣренія цѣпью. Такъ на примѣръ положимъ, что требуется нанести на бумагу кривую линію *Aaβγδ* (фиг. 244) по опредѣленнымъ на мензулѣ точкамъ А, В, С, D и *δ*. Начавъ работу отъ точки А, откладываютъ цѣпь по направленію АВ; проведя на брульонѣ прямую *ab* (фиг. 245), отмѣчаютъ на ней число помѣстившихся цѣпей черточками. Дойдя до точки *α*, замѣчаютъ, что кривая линія отклоняется отъ АВ; потому должно из-

фиг. 245.



мѣнить направленіе измѣренія. Отъ точки *α* откладываютъ цѣпь по направленію линіи *Ca*; на брульонѣ проводятъ прямую *cd'* и отмѣчаютъ на ней отъ *d'* до *β* число помѣстившихся цѣпей. При точкѣ *β* данная кривая измѣнитъ свое направленіе, а потому должно также измѣнить направленіе измѣренія.

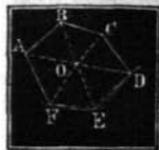
Отъ точки *α* откладываютъ цѣпь по направленію линіи *Ca*; на брульонѣ проводятъ прямую *cd'* и отмѣчаютъ на ней отъ *d'* до *β* число помѣстившихся цѣпей. При точкѣ *β* данная кривая измѣнитъ свое направленіе, а потому должно также измѣнить направленіе измѣренія.

При этомъ замѣчаемъ, что кривая близко подходитъ къ линіи $\beta\theta$; отъ точки β откладываютъ цѣпь по направленію линіи $\beta\theta$; проведи на брульонѣ прямую $\beta v'$, отмѣчаютъ на ней число цѣпей до точки v' . Отъ точки v производятъ измѣреніе по линіи vB до точки γ . При откладываніи числа цѣпей на бумагу, должно отмѣчать точки d' , β , γ' пересѣченія прямыхъ ab , $c\beta$... и точки x' , v' ... пересѣченія кривой линіи съ тѣми-же прямыми. Самая-же кривая срисовывается на глазъ; если-же кривая линія значительно отклоняется отъ линій, по направленію которыхъ произведено измѣреніе, то должно точки n , q ... данной кривой линіи опредѣлить, возставляя перпендикуляры, преимущественно эккеромъ, изъ точекъ m , p ... и измѣривъ ихъ длины mn , pq ... Длины перпендикуляровъ и разстоянія между ихъ подошвами записываютъ на брульонѣ. Отмѣчанныя на брульонѣ длины должно тотчасъ наносить на планъ.

§ 103. *Съемка рѣкъ и ручьевъ.* При незначительной и почти одинаковой ширинѣ рѣки опредѣляютъ точки одного только берега и измѣряютъ ширину въ нѣкоторыхъ только мѣстахъ. При большой ширинѣ рѣки должно опредѣлить каждый берегъ по способу (с).

Съемка дорогъ. По оси дороги провѣшиваютъ линіи, составляющія ломанную; точки дороги, лежащія по обѣ стороны ломанной линіи опредѣляютъ по способу (d). При этомъ должно соблюдать, чтобы: 1) линіи, составляющія ломанную, были по возможности длиннѣе; 2) углы, ими составляемые были опредѣлены съ точностью и 3) были опредѣлены точки дороги, въ особенности важныя, какъ на примѣръ дома, находящіяся по сторонамъ дороги, мосты, столбы и т. д. По большей части ширина дорогъ бываетъ одинакова на всемъ ихъ протяженіи; въ такомъ случаѣ достаточно опредѣлить точки, лежащія по одну сторону ломанной линіи и измѣрить въ удобнѣйшемъ мѣстѣ ширину дороги.

Съемка сомкнутыхъ фигуръ, когда ихъ внутренность совершенно открыта, на примѣръ луговъ, выгоновъ, незасѣянныхъ полей (фиг. 246).



Избравъ точку O , опредѣляютъ точки A , B , C ... по способу (а); кривую DEF можно опредѣлить по способу (d).

Съемка сомкнутыхъ фигуръ, когда ихъ внутренность неприступна, на примѣръ засѣянныхъ полей, прудовъ, садовъ и т. п.

На открытой мѣстности можно опредѣлить вершины данной фи-

гуры по способу (d). Если-же мѣстность не допускаетъ свободнаго визироваія и удобнаго измѣренія, то должно примѣнить способъ (b). Для этого опредѣляютъ сначала вершину А засѣчкою по нанесеннымъ на мензулѣ точкамъ мѣстности. Поставивъ мензулу точкою *a* отвѣсно надъ А (фиг. 247), направляютъ алидаду на Е и В; измѣривъ линіи АЕ и АВ, откладываютъ ихъ длины по масштабу до точекъ *e* и *b*. Ста-

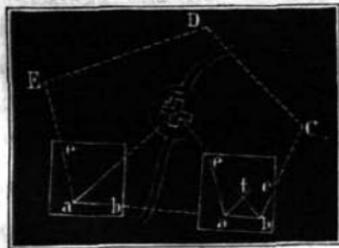
фиг. 247.



вить мензулу точкою *b* отвѣсно надъ В, направляютъ алидаду на С и опредѣляютъ точку *c*; такимъ-же образомъ получится точка *d*; при наведеніи алидады чрезъ *d* на точку Е, линія визироваія должна проходить чрезъ опредѣленную уже точку *e*. Казалось-бы, что нѣтъ надобности измѣрять линіи АЕ и ЕD, потому-что точка *e* можетъ быть опредѣлена пересѣченіемъ линій *ae* и *ed* визироваія, но прямая *ae*, соответствующая линіи АЕ, наносится на планъ для того, чтобы получить точку *e* независимо отъ *d* и чтобы повѣрить работу по линіямъ ЕD и *ed*.

Если внутри многоугольника находится какой-нибудь замѣчательный предметъ, видимый изъ всѣхъ вершинъ, на примѣръ высокое дерево или башня, то работа значительно упрощается, именно нѣкоторыя вершины могутъ быть опредѣлены обратной засѣчкою, не измѣрля длины сторонъ. Для примѣра положимъ, что ABCDE (фиг. 248)

фиг. 248.



представляетъ ви́шній контуръ селенія и Т колокольню, видимую изъ вершинъ А, В, С... Опредѣливъ въ точкѣ А стоянія точки *b* и *c*, наводятъ алидаду чрезъ *a* на Т. Въ точкѣ В направляютъ линію визироваія чрезъ *b* на Т; точка *t* пересѣченія проведенныхъ прямыхъ соответствуетъ точкѣ Т. Точки *b* и *c* опредѣляютъ по предъидущему измѣреніемъ линій АВ и ВС, точку *d* можно получить обратной засѣчкою изъ С и Т; такимъ-же образомъ опредѣляютъ точку *e*. Сторону АЕ должно во

всякомъ случаѣ измѣрить для повѣрки работы.

При опредѣленіи всѣхъ сторонъ и угловъ многоугольника случается, что смыкаемость фигуры не всегда служитъ признакомъ вѣрности работы, ибо встрѣчаемыя здѣсь ошибки могутъ другъ друга уничтожить, т. е. фигура смыкается при существованіи ошибокъ въ углахъ и сторонахъ. Отсюда слѣдуетъ, что для вѣрности работы должно прибѣгнуть къ другимъ способамъ повѣрки: 1) если, на примѣръ, изъ точ-

ки С (фиг. 248) видна точка Е, то визируютъ изъ с на Е; проведенная линия визируванія должна пройти чрезъ опредѣленную точку е; 2) измѣреніемъ діагонали СЕ, точка е повѣряется еще точнѣе.

Для избѣжанія ошибокъ опредѣляютъ отъ точки А сначала часть ВС (фиг. 247), а потомъ ED, т. е. каждую половину многоугольника

фиг. 249.



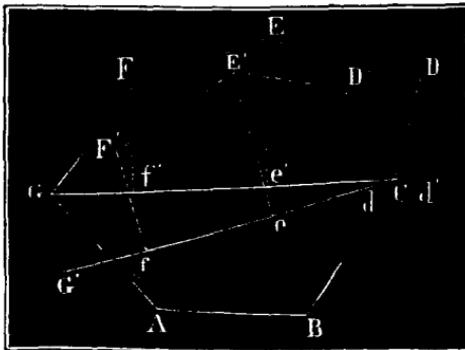
независимо отъ другой. Положимъ, что многоугольникъ ABCDEF (фиг. 249) опредѣленъ отъ точки А чрезъ В до D и отъ А чрезъ F до D; слѣдовательно точка D опредѣлена по двумъ ломаннымъ линіямъ ABCD и AFED и въ

случаѣ вѣрности работы она должна находиться въ пересѣченіи прямыхъ cd и ed ; но это весьма рѣдко случается.

§ 104. Несмыкаемость фигуры происходитъ отъ двухъ причинъ: 1) отъ ошибокъ, происходящихъ при измѣреніи угловъ и сторонъ и 2) отъ ошибокъ, происходящихъ отъ неточности инструмента или отъ неровностей мѣстности. Рассмотримъ сначала отысканіе ошибокъ, происходящихъ отъ невниманія съемщика:

а) когда ошибка произошла отъ невѣрнаго измѣренія какого-нибудь угла. Пусть ABC... (ф. 250) представляетъ фигуру, подобную данной на мѣстности; точки А, G, В, С получились безошибочными, но въ

фиг. 250.



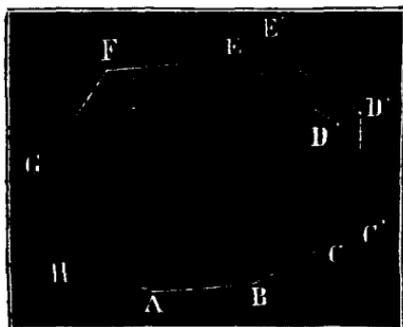
точкѣ С мензула невѣрно ориентирована или алидада неточно наведена чрезъ с на точку D, а потому вмѣсто CD получена линія CD'. По точкѣ D' опредѣлены послѣдовательно точки E', F', G', имѣющія вѣрное взаимное положеніе, но относительно точекъ А, В, С, G ихъ положеніе невѣрно; слѣдовательно фигура

не смыкается. Проведя діагонали CG и CG', получимъ два многоугольника CDEFGC и CD'E'F'G'C, въ которыхъ углы и стороны соответственно равны, а потому $CG = CG'$. Отсюда слѣдуетъ, что при несмыкаемости фигуры отъ невѣрнаго измѣренія угла, разстоянія CG и CG' его вершины отъ крайнихъ точекъ многоугольника равны между собою. Соединивъ точку С съ точками G и G', должно часть CD'E'F'G' совмѣстить съ ломанной линіею CDEFG. Для этого проводить ординаты D'd, E'e, F'f относительно оси CG'; абсциссы Cd, Ce, Cf,

этихъ точекъ откладываютъ отъ точки С по прямой СG и возставляютъ изъ полученныхъ точекъ d' , e' , f' перпендикуляры $d'D = dD'$, $e'E = eE'$ и $f'F = fF'$. Очевидно, что до поправки должно сначала удостовѣриться въ ошибкѣ угла BCD'. Для этого ставятъ мензулу въ точкѣ С, ориентируютъ ее на В и наводятъ алидаду чрезъ с на D; полученные линіи CD и CD' визированія должны составлять уголь, мало разнствующій отъ угла GCG'. Если-же уголь, ими составляемый значительно разнствуетъ отъ угла GCG', то это служить признакомъ, что кромѣ ошибочнаго угла С существуетъ еще погрѣшность.

б) когда ошибка произошла отъ неточнаго измѣренія одной изъ сторонъ. Пусть ABCD... (ф. 251) представляетъ многоугольникъ, который должно было получить при вѣрномъ производствѣ работы. Вершины опредѣлены отъ точки А чрезъ В до Е' и отъ А чрезъ Н до Е, при чемъ сторона ВС получилась α саженьми длиннѣе; слѣдовательно часть C'D'E'

фиг. 251.



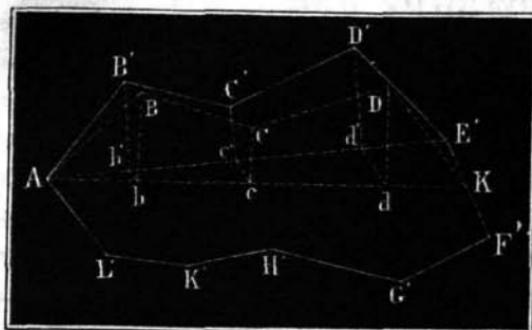
получилась невѣрно и точки Е и Е' не совмѣщаются. Изъ чертежа видно, что прямая EE' параллельна къ невѣрно измѣренной линіи ВС и равна $CC' = \alpha$. Отсюда слѣдуетъ, что для отысканія ошибки, происшедшей отъ неточнаго измѣренія одной изъ сторонъ, должно провести прямую EE', соединяющую несовмѣстившіяся вершины и замѣтить параллельность EE'

къ одной изъ сторонъ. Опредѣливъ ошибку $CC' = EE'$, проводятъ чрезъ точки С и D прямыя CC' и DD' параллельно къ EE', ED параллельно къ E'D' и CD параллельно къ C'D'. Если фигура не смыкается и по признакамъ а) и б) нѣтъ возможности отыскать ошибку, то это служить признакомъ существованія ошибокъ въ нѣсколькихъ углахъ и сторонахъ; въ такомъ случаѣ должно вновь произвести всю работу.

Къ ошибкамъ, независящимъ отъ вниманія съемщика, принадлежитъ неточное ориентированіе, происходящее отъ неустойчивости инструмента, неяснаго зрѣнія и толстоты проведенныхъ карандашемъ линій. При опредѣленія точекъ заѣчками независимо одной отъ другой, эти ошибки не имѣютъ вліянія на вѣрность работы, но при составленіи изображенія сомкнутой фигуры эти ошибки, соединяясь при переходѣ отъ начальной точки на послѣдующія, могутъ составить одну важную

ошибку, имѣющую вліяніе на опредѣленіе послѣднихъ точекъ наносимаго многоугольника. Для уничтоженія этой ошибки употребляютъ поправку, которая постепенно увеличивается отъ начальной до послѣдней точки. Положимъ, что при нанесеніи даннаго многоугольника (фиг. 252) произведена работа отъ А чрезъ В' до Е' и отъ А чрезъ Н' до F'. Точки Е' и F' нельзя принять за истинную вершину много-

фиг. 252.



угольника; положимъ, что она находится на срединѣ К прямой Е'F'. Проведя діагональ АЕ' опускаютъ на нее перпендикуляры В'б', С'с', D'd'; по прямой АК откладываютъ отъ точки К части Кd = Е'd', Кс = Е'с' и Кb = Е'б'; изъ точекъ b, c, d возста-

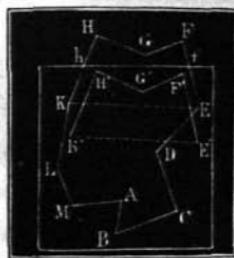
вляютъ къ прямой АК перпендикуляры dD = d'D', cC = c'C' и bB = b'B'. Проведя прямыя АВ, ВС, СD..., получимъ исправленную часть многоугольника; такимъ-же образомъ исправляется часть АLК'... Эту поправку должно производить съ величайшею точностью, ибо въ противномъ случаѣ могутъ вкратся другія ошибки. Однако должно узнать въ какихъ именно случаяхъ эта поправка примѣняется; опытами доказывается, что при составленіи плана сомкнутой фигуры съ большимъ числомъ сторонъ и при благоприятныхъ обстоятельствахъ, можетъ произойти ошибка,

составляющая отъ $\frac{1}{800}$ до $\frac{1}{600}$ всего периметра; при неблагоприят-

ныхъ обстоятельствахъ отъ $\frac{1}{600}$ до $\frac{1}{400}$.

Нерѣдко встрѣчается, что снимаемая фигура имѣетъ исходящія

фиг. 253.

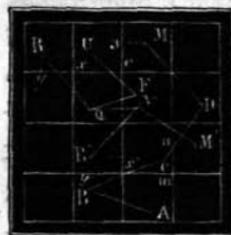


части или что первая точка означена на такомъ мѣстѣ листа, что часть фигуры не помѣщается на бумагѣ. Въ такомъ случаѣ для продолженія работы на томъ же листѣ поступаютъ слѣдующимъ образомъ: а) при нанесеніи фигуры ABCD... (фиг. 253) отъ точки А чрезъ В до Е оказалось, что точки F, G, H на бумагѣ не помѣстятся. По брульону или непосредственнымъ измѣреніемъ узнаютъ разстояніе от-

даленнѣйшей точки F отъ E . По этому разстоянію опредѣляется та часть линіи, которая на листѣ не помѣстилась. Проведя прямую $F'E'$ параллельно къ Ef , откладываютъ по масштабу отъ E' до F' длину EF . Для перенесенія точки H , проводятъ $K'H'$ параллельно къ Kh и дѣлаютъ $K'H' = KH$. Посредствомъ точекъ H' и F' опредѣляется G' .

в) Избравъ на мензулѣ такую точку A (фиг. 254), чтобы по возможности помѣстилось большее число сторонъ многоугольника, начинаютъ работу отъ A чрезъ B до M . Слѣдующія точки на бумагѣ не помѣстятся, а потому переносятъ точку M такъ,

фиг. 254.



чтобы слѣдующія за нею точки могли быть нанесены. Для этого раздѣляютъ весь листъ на нѣсколко равныхъ квадратовъ и замѣчаютъ тотъ изъ нихъ, въ который точка M должна быть перенесена. Откладывая въ этомъ квадратѣ $mn = ac$ и $nM' = aM$, получимъ точку M' , отъ которой продолжается работа до R ; точку R опять должно перенести въ другой квадратъ. Сдѣлавъ $x'y' = xy$ и $R'y' = Ry$, получимъ точку R' . Для начертанія всей фигуры, должно на особенномъ листѣ наносить каждую точку по координатамъ.

Слѣдующія за нею точки могли быть нанесены. Для этого раздѣляютъ весь листъ на нѣсколко равныхъ квадратовъ и замѣчаютъ тотъ изъ нихъ, въ который точка M должна быть перенесена. Откладывая въ этомъ квадратѣ $mn = ac$ и $nM' = aM$, получимъ точку M' , отъ которой продолжается работа до R ; точку R опять должно перенести въ другой квадратъ. Сдѣлавъ $x'y' = xy$ и $R'y' = Ry$, получимъ точку R' . Для начертанія всей фигуры, должно на особенномъ листѣ наносить каждую точку по координатамъ.

ОТДѢЛЪ V.

О СЪЕМКѢ УЧАСТКОВЪ ВООБЩЕ.

§ 105. Снимаемая часть земной поверхности, состоящая изъ нѣсколькихъ фигуръ, называется *участкомъ*. При съемкѣ участковъ должно опредѣлять точки мѣстности, принимая весь участокъ за одну фигуру; не должно каждую фигуру, въ немъ заключающуюся снимать отдѣльно и постепенно переходить къ другимъ. Основываясь на этомъ, избираютъ на мѣстности точку, относительно которой опредѣляются другія точки данного участка; этимъ работа значительно ускоряется и дѣлается точнѣе. При съемкѣ большаго участка необходимо избрать нѣсколько точекъ, взаимное положеніе которыхъ должно опредѣлить. Эти опредѣляющія точки называются *главными*; они должны быть опредѣлены на планѣ съ величайшею точностью, потому что служатъ основаніемъ всей съемки. Отсюда происходитъ та выгода, что положеніе главныхъ точекъ опредѣляется независимо отъ предметовъ, около нихъ лежащихъ и слѣдовательно ошибки, сдѣланныя въ какой-нибудь части не имѣютъ вліянія на съемку всего участка, т. е. ошибки въ одной части плана не распространяются на прочія части его; не можетъ случиться, чтобы въ одной части плана сошлись ошибки, сдѣланныя въ предшествующихъ частяхъ. Отсюда выводится правило съемки: должно опредѣлять на планѣ точки, избранныя на мѣстности и по нимъ снимать составныя ея части, т. е. *подробности*. Дѣйствительно, если на примѣръ при

фиг. 255.



съемкѣ данного участка составлено сначала изображеніе лѣса А (фиг. 255), потомъ рѣки, пашни В, деревни С, пашни Е, луга F, и т. д., то очевидно, что ошибки происшедшія при опредѣленіи фигуры А будутъ имѣть вліяніе на опредѣленіе части В; сдѣланныя здѣсь ошибки съ первыми имѣютъ вліяніе на опредѣленіе части С и т. д.; слѣдовательно всѣ отдѣльныя части изобразятся въ неточномъ видѣ.

§ 106. Всякая съемка состоитъ изъ трехъ частей: 1) обзорѣнія мѣстности, 2) производства самой съемки и 3) ея повѣрки. При обзорѣніи съемщикъ избираетъ главныя точки; выборъ ихъ весьма важенъ. Главныя точки, умственно соединенныя одна съ другою прямыми линіями, должны составить фигуры, углы и стороны которыхъ возможно было-бы опредѣлить удобнѣйшимъ образомъ; этому условію удовлетворяютъ треугольники. Для опредѣленія главныхъ точекъ должно весь снимаемый участокъ покрывать рядомъ *треугольниковъ*, называемымъ *слѣтью* или *треангуляціею*. Главными точками могутъ служить замѣчательные предметы на мѣстности, какъ-то башни, дома, деревья и т. п.; если нѣтъ такихъ предметовъ, то означаютъ главныя точки вѣхами. Главныя точки должно избирать на мѣстахъ открытыхъ и возвышенныхъ такъ, чтобы изъ каждой можно было видѣть по возможности большее число другихъ. Для опредѣленія положенія главныхъ точекъ на бумагѣ, необходимо построить треугольники, подобные даннымъ на землѣ; для этого должно нанести углы, равные угламъ данныхъ треугольниковъ. Углы получатся измѣреніемъ при каждой вершинѣ, слѣдовательно главныя точки служатъ точками стоянія угломѣрнаго инструмента; но при этомъ должно избѣгать лишнее число точекъ стоянія для того, чтобы ускорить работу и уменьшить число происходящихъ погрѣшностей. Для опредѣленія всѣхъ угловъ треугольниковъ должно сначала измѣрить углы, составляемые линіями, проходящими чрезъ двѣ на планѣ предварительно опредѣленныя точки. Линія, соединяющая эти точки, называется базою или базисомъ *треангуляціи* и должна быть измѣрена со всюю точностью. Длина базы должна равняться, или можетъ быть нѣсколько менѣе разстоянія между ея оконечностью и отдаленнѣйшею изъ главныхъ точекъ; по этой причинѣ базу избираютъ преимущественно по срединѣ участка. Для удобнѣйшаго и точнѣйшаго измѣренія базы, провѣшиваютъ ее на мѣстности ровной и открытой. Такъ какъ база служитъ основаніемъ опредѣленія точекъ *треангуляціи*, то необходимо, чтобы изъ ея оконечностей можно было видѣть наибольшее число главныхъ точекъ. Главныя точки опредѣляются изъ треугольниковъ, составляемыхъ линіями, проходящими чрезъ эти точки; неизвѣстныя части каждаго треугольника опредѣляются по извѣстнымъ сторонамъ и двумъ угламъ, потому что измѣреніе угловъ менѣе затруднительно, нежели измѣреніе линій, рѣдко пролегающихъ на мѣстности

сти ровной и открытой. Для опредѣленія точки С по известной линіи АВ (фиг. 256) сколь возможно точнѣе, эта точка должна имѣть такое положеніе, чтобы линіи, проходящія чрезъ А, В, С составляли по возможности равносторонній треугольникъ, ибо: 1) если уголъ при точкѣ С весьма острый, то пересѣченіе линій АС и ВС не опредѣляетъ

фиг. 256.



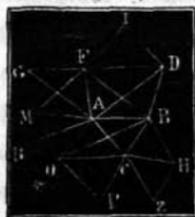
съ точностью положеніе точки С, 2) если произошли ошибки при опредѣленіи угловъ А и В, то они будутъ имѣть тѣмъ болѣе вліянія на стороны АС и ВС, чѣмъ острѣе уголъ С. Точка С опредѣляется съ болѣею точностью, когда уголъ С близокъ подходит къ прямому и при томъ сторона АС равна ВС. Но построеніе такихъ треугольниковъ не всегда возможно, а потому должно стараться избирать точку С такъ, чтобы уголъ при этой точкѣ былъ не менѣе 45° и не болѣе 135° и чтобы стороны АС и ВС разнствовали между собою незначительно. Избравъ на мѣстности базу и главныя точки, приступаютъ къ измѣренію базиса; оно производится по болѣею части цѣпью и по крайней мѣрѣ два раза; если оба измѣренія разнствуютъ между собою менѣе чѣмъ на 0,001 длины базы, то берутъ среднюю арифметическую за истинную ея длину; если-же разность болѣе 0,001, то должно вновь произвести измѣреніе. Главныя точки, опредѣляемыя на бумагѣ графическимъ построеніемъ треугольниковъ, составляютъ *геометрическую сеть*. Для графическаго опредѣленія треугольниковъ сѣти употребляется преимущественно мензула. Нанесеніе сѣти начинаютъ нанесеніемъ базы; для этого означаютъ на бумагѣ приблизительное ея положеніе такъ, чтобы всѣ точки участка могли на ней помѣститься. Проведя чрезъ точку *a* (ф. 257), соответствующую оконечности А базы, прямую NS, параллельную къ

фиг. 257.



боковому краю бумаги, ставятъ мензулу точкою *a* отвѣсно надъ А; приставляя край ориентиръ—буссолы къ прямой NS, ориентируютъ доску по странамъ свѣта (§ 86). Закрѣпивъ доску въ этомъ положеніи, прикладываютъ край линейки къ точкѣ *a* и наводятъ діоптры или трубу на точку В; проведя по краю линейки прямую линію, откладываютъ по масштабу длину измѣренной базы отъ точки *a* до *b*; такимъ образомъ получатся на бумагѣ двѣ точки мѣстности. Для опредѣленія прочихъ точекъ наводятъ трубу или діоптры на такія точки С, О, D.... (фиг. 258), составляющія съ базою треугольники, удовлетворяющіе

фиг. 238.



условію. Поставивъ мензулу въ точкѣ В, наводятъ діоптры или трубу на тѣже самыя точки, которыя слѣдовательно на планѣ опредѣлятся засѣчкою впередъ. И такъ : по извѣстной прямой АВ опредѣлены треугольники АВО, АВС, АВD.... Для повѣрки точекъ F, O, D... ставятъ мензулу въ точку С, которая опредѣлена со всею точностью, и ориентируютъ доску по СВ;

приложивъ край линейки къ прямымъ СО, СF, CD...., замѣчаютъ проходятъ-ли линіи визировація чрезъ точки О, F, D.... Точки Р и Z, значительно отдаленныя отъ АВ или точки М и R, составляющія съ АВ весьма острые и тупые углы, или точка J, невидимая изъ А и В, опредѣляются на планѣ не по точкамъ А и В, а по другимъ уже опредѣленнымъ; такъ на примѣръ точка J опредѣлится по точкамъ D и F, точка Z по С и Н, точка Р по О и С; слѣдовательно, переходя съ мензулою отъ одной точки стоянія на другія, можно послѣдовательно опредѣлить всѣ главныя точки даннаго участка. Если мѣстныя обстоятельства не допускаютъ опредѣленія точекъ засѣчкою впередъ, то они опредѣляются обратною засѣчкою; такъ на примѣръ имѣя на планѣ направленіе прямой CZ и находясь съ мензулою въ точкѣ Z, можно ее опредѣлить обратною засѣчкою изъ точки Н. Стороны треугольниковъ, по которымъ ориентируютъ мензулу и которыя опредѣляютъ точки мѣстности, должны со всею точностью равняться по данному масштабу горизонтальнымъ разстояніямъ между главными точками. Вѣрность и успѣхъ работы зависятъ по большей части отъ удачнаго выбора способа опредѣленія точекъ засѣчками. Засѣчкою впередъ опредѣляются вообще точки, ясно видимыя изъ опредѣленныхъ уже точекъ и которыя по мѣстнымъ обстоятельствамъ неприступны; обратною засѣчкою опредѣляются точки, которыя удобны для установленія мензулы и изъ которыхъ видны по крайней мѣрѣ двѣ опредѣленные точки. По составленіи треангуляціи наносятъ на планѣ всѣ мѣстныя подробности, руководствуясь четырьмя упомянутыми способами (§ 102). Контуры, находящіяся на мѣстности, опредѣляются относительно нанесенныхъ сторонъ треугольниковъ.

До сихъ поръ принимали, что планъ снимаемаго участка можетъ помѣститься при данномъ масштабѣ на одномъ мензульномъ листѣ; но весьма часто случается, что изображеніе участка не помѣщается на

одномъ листѣ. Въ такомъ случаѣ съемка производится двумя слѣдующими способами:

а) Означивъ на мѣстности вѣхами выбранныя при обзорѣннй главныя точки и измѣривъ базу, наносятъ ее на мензульный листъ по данному для съемки масштабу. По опредѣленнымъ окончностямъ базы наносятъ на этомъ листѣ столько точекъ мѣстности, сколько возможно; очевидно, что на этомъ листѣ помѣстятся не всѣ точки участка; для продолженія треангуляціи переносятъ точки, лежащія близъ краевъ листа на другіе мензульные листы; точки n и p (фиг. 259) перваго листа переводятъ на листъ, означенный чрезъ № 2, точки q и h на листъ № 3, точку f на листъ № 4 и точки k и l на листъ

фиг. 259.

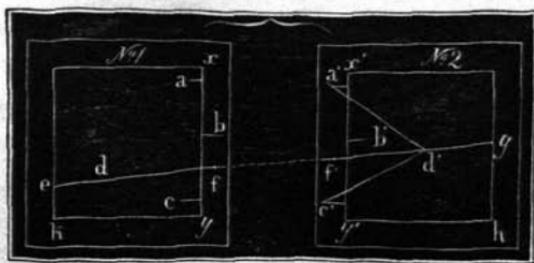


№ 5. Для перенесенія точекъ, на примѣръ n и p , опускаютъ изъ нихъ на край xu перпендикуляры nn' и pp' ; отложивъ на листѣ № 2 отъ точки x' или y' циркулемъ разстоянія $n'x'$, $p'x'$ или $y'u'$, $n'y'$, воз-

ставляютъ къ краю $x'y'$ перпендикуляры nn' и pp' равныя перпендикулярамъ nn' , pp' , возставленнымъ къ прямой xu . Принявъ на листѣ № 2 прямую np за новую базу, опредѣляютъ на немъ точки мѣстности, видимыя изъ n и p . Такимъ-же образомъ переносятъ точки q и h , f и т. д. и опредѣляютъ по нимъ на каждомъ листѣ прочія точки даннаго участка; подробности наносятся также на каждомъ листѣ отдѣльно.

Кромѣ точекъ, опредѣленныхъ на первомъ листѣ необходимо перенести на прочіе листы линіи визированія, по которымъ возможно было-бы ориентировать доски № 2, 3, 4... Для точнѣйшаго ориентированія листа № 2 (фиг. 260), избираютъ точку D' въ той части мѣстности, которая должна помѣститься на листѣ № 2; поставивъ

фиг. 260.

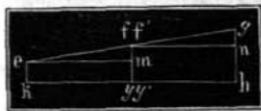


мензулу № 1 въ точкѣ D , визируютъ чрезъ d на D' ; полученную линію ef визированія продолжаютъ на листѣ № 2; для этого должно опредѣлить точки f' и g . Такъ какъ прямыя xu и $x'y'$ должны совмѣститься, то $yf =$

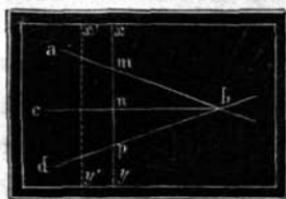
$y'f'$; по отложеніи $y'f'$ опредѣлится точка f' . Для опредѣленія точки g

(Фиг. 261) имѣемъ $hg - y'f' = yf - ek$, т. е. $hg = y'f' + yf - ek = 2yf - ek$; дѣйствительно по равенству треугольниковъ emf и fnh будутъ $gn = fm = yf - ek$, следовательно $gh = hn + fm = yf + yf - ek$. Опредѣливъ на листѣ № 2 направление $f'g$ визировація, ставятъ мензулу въ точкѣ D' , ориентируютъ ее по $f'g$ на точку D и опредѣляютъ точку D' обратную засѣчкою изъ точекъ A и B . Можно также опредѣлить точку на листѣ № 2, не перенеся крайнія точки листа № 1. Избравъ точку B (Фиг. 262), видимую изъ точекъ A, D, C , опредѣленныхъ на листѣ № 1, ставятъ мензулу послѣдовательно точками a, d, c , отвѣсно надъ A, D, C и визируютъ на B . Линію cn визировація продолжаютъ на листѣ № 2 по предъидущему; на этомъ-же листѣ отмѣчаютъ точки m, p пересѣченія линій визировація, проходящихъ чрезъ a и d ; потомъ ставятъ мензулу № 2 въ точкѣ B , ориентируютъ ее по прямой nb и визируютъ чрезъ m и p на точки A и D . Такимъ образомъ опредѣлится точка b обратную засѣчкою.

Фиг. 261.



Фиг. 262.

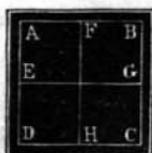


б) Если съемка производится, на примѣръ, въ масштабѣ 100 сажень и длина листа равна 20 дюймамъ, то на немъ помѣстится участокъ, содержащій 16 квадратныхъ верствъ. Чтобы на томъ-же листѣ помѣстить планъ участка, заключающаго 64 квадратныя версты, должно принять бокъ листа равнымъ $\sqrt{64} = 8$ верстамъ = 4000 саженьямъ, следовательно производить съемку въ масштабѣ 200 сажень, т. е. уменьшить данный масштабъ вдвое. Для составленія плана участка, содержащаго 100 квадратныхъ верствъ, должно данный масштабъ уменьшить въ $2\frac{1}{2}$ раза, чтобы все изображеніе могло помѣститься на листѣ упомянутаго размѣра. По мѣрѣ надобности можно уменьшить масштабъ въ 3, 4, 5 разъ.

Избравъ на мѣстности главныя точки и базу, наносятъ ее на бумагу въ уменьшенномъ масштабѣ; относительно нанесенной базы опредѣляютъ на листѣ главныя точки всего участка. Потомъ раздѣляютъ листъ ABCD, на которомъ составлена треуголяція, на столько квадратовъ, чтобы каждый содержалъ по уменьшенному масштабу 16 квадратныхъ верствъ, полагая, что планъ долженъ быть составленъ по масштабу 100 сажень въ дюймѣ и что данный участокъ содержитъ 64 квадратныя версты; а потому должно каждый бокъ ли-

ста ABCD (Фиг. 263) раздѣлить по-поламъ и чрезъ точки E, F, G, H провести прямыя EG и FH. Каждый изъ полученныхъ квадратовъ изображаютъ по данному масштабу на особомъ мензульномъ листѣ.

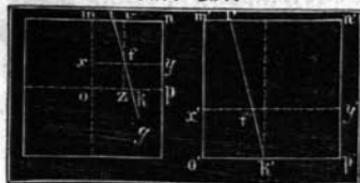
Фиг. 263.



Рѣдко случается, чтобы данный участокъ имѣлъ квадратную фигуру; по большей части онъ представляется совершенно неправильнымъ. Для удобнѣйшаго раздѣленія сѣти на квадраты, накладываютъ на мензульный листъ деревянную раму; на ней натянуты нити, составляющія столько равныхъ квадратовъ, сколько надлежало-бы имѣть мензульныхъ листовъ сообразно масштабу сѣти; передвигая раму такъ, чтобы сѣть на листѣ ABCD раздѣлилась по возможности на меньшее число равныхъ квадратовъ, отмѣчаютъ на немъ вершины угловъ внутренняго квадрата рамы, котораго бокъ долженъ равняться длинѣ мензульнаго листа; потомъ снимаютъ раму и чертятъ на листѣ ABCD по означеннымъ точкамъ квадратъ и квадратики. Точки полученной треангуляціи переносятъ въ данномъ масштабѣ на мензульные листы № 1, 2, 3, 4. Это дѣйствіе должно быть произведено съ надлежащимъ вниманіемъ и точнѣйшими инструментами, потому-

что каждая сторона треугольниковъ должна быть представлена въ болшемъ масштабѣ. Главныя точки сѣти переносятся на мензульные листы съ помощію ихъ координатъ. Положимъ, что требуется, на примѣрѣ, перенести точку f (Ф. 264) на листъ № 1; для этого опускаютъ изъ f перпендикуляры fx и fv на прямыя to и tn и опредѣляютъ ихъ длины по уменьшенному масштабу; для повѣрки должно отыскать также длины fy и fz . На листѣ № 1 откладываютъ $m'x' = n'y' = 2fv$ и проводятъ прямую $x'y'$, на которой откладываютъ $f'x' = 2xf$; тогда получится точка f' , которую должно повѣрить координатами $f'y' = 2fy$ и $o'x' = 2ox$. Кромѣ точекъ сѣти переносятъ также шпиль визирования; такъ на примѣрѣ для перенесенія прямой lk , откладываютъ $m'l' = 2ml$ и $o'k' = 2ok$; прямая $l'k'$ должна съ точностью проходить чрезъ точку f' . Перенеся такимъ образомъ прочія точки сѣти на мензульные листы, производятъ съемку на каждомъ листѣ отдѣльно. Можетъ случиться, что планъ всего участка не помѣщается на опредѣленномъ числѣ листовъ, такъ на примѣрѣ положимъ, что участокъ не помѣстился на четырехъ ли-

Фиг. 264.



ихъ длины по уменьшенному масштабу; для повѣрки должно отыскать также длины fy и fz . На листѣ № 1 откладываютъ $m'x' = n'y' = 2fv$ и проводятъ прямую $x'y'$, на которой откладываютъ $f'x' = 2xf$; тогда получится точка f' , кото-

рую должно повѣрить координатами $f'y' = 2fy$ и $o'x' = 2ox$. Кромѣ точекъ сѣти переносятъ также шпиль визирования; такъ на примѣрѣ для перенесенія прямой lk , откладываютъ $m'l' = 2ml$ и $o'k' = 2ok$; прямая $l'k'$ должна съ точностью проходить чрезъ точку f' . Перенеся такимъ образомъ прочія точки сѣти на мензульные листы, производятъ съемку на каждомъ листѣ отдѣльно. Можетъ случиться, что планъ всего участка не помѣщается на опредѣленномъ числѣ листовъ, такъ на примѣрѣ положимъ, что участокъ не помѣстился на четырехъ ли-

стахъ, хотя всѣ точки сѣти на нихъ улеглись ; для съемки оставшейся части участка требуется еще листъ № 5. Для нанесенія всего участка нѣтъ надобности составить сѣть еще въ меньшемъ масштабѣ, потому-что часть, которая должна помѣститься на листѣ № 5, опредѣлится по точкамъ, находящимся на первыхъ четырехъ листахъ.

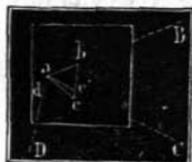
§ 108. При перенесеніи точекъ сѣти на мензурные листы могутъ произойти ошибки. Разсмотримъ различные случаи существованія этихъ погрѣшностей и способы непосредственнаго исправленія ихъ въ полѣ.

Положимъ, что на мензурномъ листѣ помѣстились три точки A , B , C главной сѣти, видимыя одна изъ другой и что на двухъ A и B возможно ставить инструментъ. Поставя мензулу точкою a надъ A , ориентируютъ ее на B и визируютъ чрезъ a на C ; если край алидады проходитъ чрезъ точку c , то уголъ bac равенъ углу BAC на мѣстности; такимъ-же образомъ повѣряютъ уголъ abc . Для точнѣйшаго опредѣленія подобія треугольниковъ ABC и abc можно измѣрить цѣпью длину одной изъ сторонъ и сравнить ее съ соответствующею ей прямою на мензулѣ. Если при этой повѣркѣ окажется въ какомъ-нибудь углѣ погрѣшность, то ею можно пренебречь, когда противулежащая ему сторона разнится отъ истинной длины менѣе, чѣмъ на 0,01 ея длины.

Когда кромѣ трехъ нанесенныхъ точекъ a , b , c сѣти определено положеніе d какой-нибудь точки D мѣстности.

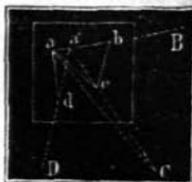
а) Положимъ, что, по установкѣ мензулы точкою a надъ A (фиг. 265) и по ориентированіи ея на B , оказалось, что при визированіи

фиг. 265.



чрезъ a на C край алидады не проходитъ чрезъ c . Изъ точки a повѣряютъ точку d ; если ея положеніе окажется вѣрнымъ, то и точка a вѣрна, а положеніе c опредѣлено ошибочно. Для поправки этой ошибки визируютъ чрезъ a на C и принимаютъ точку c' пересѣченія линіи визированія съ прямою bc за истинное положеніе точки C .

фиг. 266.



Если-же линія визированія, направленная чрезъ a на C (фиг. 266), не проходитъ чрезъ c , также линія визированія, направленная чрезъ a на D , не проходитъ чрезъ d , то это значитъ, что точка a опредѣлена ошибочно. Въ такомъ случаѣ исправляютъ ошибку наведеніемъ алидады чрезъ c на C ; точка a' пересѣченія ли-

ний визированія съ прямою ab принимается за проекцію точки A ; положеніе a' повѣряють наведеніемъ алидады чрезъ d на D ; тогда линіи Cc и Dd визированія должны пересѣкаться въ одной точкѣ a' .

б) Положимъ, что уголъ a оказался вѣрнымъ, но въ точкѣ B стоянія, линія визированія, направленная чрезъ b на C , не проходитъ чрезъ точку c . Эта ошибка могла произойти отъ невѣрнаго опредѣленія точки b или c . Повѣрка и поправка производится съ помощію четвертой точки, какъ объяснено въ предыдущемъ случаѣ.

с) Если въ углахъ a и c оказываются ошибки или если въ сторонахъ bc и ab , противулежащихъ невѣрнымъ угламъ, существуютъ погрѣшности, дѣлающія эти линіи на 0,01 болѣе или менѣе ихъ истинной длины, то должно повѣрить въ главной сѣти положеніе точекъ a и c .

Когда на мензульномъ листѣ нанесены только три точки A, B, C сѣти или четвертая точка D невидна изъ нихъ.

а) Положимъ, что уголъ a оказался вѣрнымъ, но, по установкѣ мензулы точкою b надъ B , нашли что положеніе точки b (ф. 267) невѣрно; тогда, опредѣливъ положеніе точки B обратною засѣчкою изъ C , получимъ точку b' вмѣсто b . Если



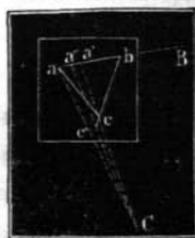
фиг. 267.

bb' по масштабу менѣе 0,01 ab , то раздѣляютъ bb' точкою b'' на двѣ равныя части и визируютъ чрезъ b'' на C ; опредѣливъ точку c' пересѣченія линіи $b''c'$ и продолженной ac , принимаютъ точки b'' и c' за истинное положеніе точекъ B и C . Этимъ разбивается ошибка bb' , могущая произойти отъ невѣрнаго нанесенія точки b или c , поровну на оба угла b и c ; потому длина каждой изъ сторонъ ab и ac измѣняется

менѣе, чѣмъ на $\frac{1}{200}$ ихъ длины.

б) Если, по установкѣ мензулы точкою a (фиг. 268) надъ A и по ориентированіи ея по ab на B , окажется, что линія aC визированія не проходитъ чрезъ точку c , то эту ошибку исправляютъ, какъ въ

фиг. 268.



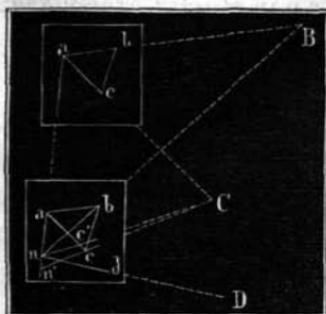
предыдущемъ случаѣ и получаютъ точки a'' и c' вмѣсто точекъ a и c . Поставивъ мензулу точкою b надъ B и ориентировавъ ее по линіи ab на A , замѣчаютъ находится-ли точка c' на линіи визированія, направленной чрезъ b на C ; въ такомъ случаѣ принимаютъ точки a'' и c' за истинное положеніе точекъ A и C . Если-же окажется, что точка c' не находится на ли-

ни bC визирования или если погрѣшность aa' болѣе $0,01 ab$, то должно исправить положеніе точекъ A и C на главной сѣти.

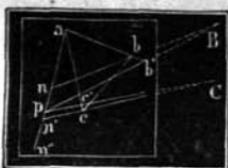
Когда мензулу можно поставить только въ точкѣ A и когда уголъ a оказался въ этой точкѣ върнымъ.

Для повѣрки точекъ b и c (фиг. 269) визируютъ чрезъ a на точку N , изъ которой видны точки B и C ; поставивъ мензулу въ точкѣ N и ориентировавъ ее на A , направляютъ алидаду чрезъ b на B и чрезъ c на C и проводятъ линіи визирования. Если эти линіи пересѣкутся въ одной точкѣ прямой an' , то это служитъ признакомъ, что точки b и c опредѣлены върно. Въ противномъ случаѣ наводятъ линію визирования чрезъ четвертую точку d на D , полагая, что на листѣ находятся четыре точки a, b, c, d или, что точка d смежнаго листа находится на краю; если линія визирования dn пересѣкается съ bn въ точкѣ прямой an' , то отыскиваемая погрѣшность находится въ углѣ C ; тогда принимаютъ точку n за истинное положеніе точки N и визируютъ чрезъ n на C ; точку c' пересѣченія линіи nc' визирования съ стороною ac принимаютъ за истинное положеніе точки C . Если же не имѣется четвертой точки d , то должно встрѣчаемую погрѣшность раздѣлить по-ровну на углы b и c (ф. 270); такъ на примѣрѣ, если въ точкѣ N линія визирования, направленная чрезъ b на B , пересѣкаетъ линію an'' въ точкѣ n и линія визирования, направленная чрезъ c на C пересѣкаетъ an'' въ точкѣ n' и если $nn' < 0,01 an$, то раздѣляютъ nn' въ точкѣ p по-поламъ и принимаютъ p за истинное положеніе точки N . Проведя линіи визирования чрезъ p на B и чрезъ p на C , получимъ точки b' и c' пересѣченія, которыя и принимаются за истинное положеніе точекъ B и C . Если $nn' > 0,01 an$, то должно исправить ошибку на главной сѣти.

фиг. 269.



фиг. 270.



Когда мензулу нельзя поставить ни на одной изъ точекъ A, B, C .
Избравъ на мѣстности четвертую точку N , изъ которой видны точки A, B, C , ставятъ мензулу въ этой точкѣ и опредѣляютъ n по тремъ точкамъ a, b и c . Если точка d находится на пересѣченіи линій визирования, направленныхъ чрезъ a на A , чрезъ b на B и чрезъ

с на С, то точки *a, b, c* нанесены вѣрно; въ противномъ случаѣ существуетъ ошибка. Когда возможно съ помощію четвертой нанесенной точки *d* и двухъ точекъ *a* и *b* ориентировать мензулу и опредѣлить положеніе точки *N*, тогда повѣряютъ точку *c* по опредѣленной точкѣ *n*.

§ 109. Если данный участокъ весьма обширенъ, на примѣръ занимаетъ 8500 квадратныхъ верстѣ, то для составленія триангуляціи не употребляются выше-упомянутые способы (§ 107). Полагая, что съемка производится въ масштабѣ 250 сажень и длина листа равна 20 дюймамъ, узнаемъ, что на каждомъ листѣ помѣстится 100 квадратныхъ верстѣ и для съемки всего участка потребно 85 листовъ. Составляя триангуляцію по первому изъ упомянутыхъ способовъ (§ 107, а), должно соблюдать строжайшую точность, ибо въ противномъ случаѣ ошибки, сдѣланныя на одномъ листѣ, перейдутъ на другія и вообще на послѣднихъ мензулахъ наберется тѣмъ болѣе ошибокъ, чѣмъ болѣе число листовъ; ошибки, встрѣчаемыя на послѣднихъ листахъ почти неизбежны при всемъ вниманіи съемщика. Составляя триангуляцію по второму способу (§ 107, б), должно уменьшить масштабъ въ 85 разъ, т. е. производить съемку въ масштабѣ 17000 сажень; значительное уменьшеніе масштаба производить слѣдующія погрѣшности:

а) наименьшія длины, получаемыя на планѣ равны $\frac{17000}{100} = 170$ саженьямъ и всѣ линіи, которыя менѣе 170 сажень, не выразятся на бумагѣ; б) составленіе сѣти затруднительно и во многихъ случаяхъ невозможно, потому-что бока треугольниковъ получатся короткими линіями, неудобными для ориентированія мензулы (§ 87); в) при увеличеніи боковъ треугольниковъ для перенесенія точекъ сѣти въ данномъ масштабѣ на мензульные листы, легко произойдутъ ошибки по неточности чертежныхъ инструментовъ; д) ошибки, сдѣланныя при составленіи триангуляціи, перейдутъ на другіе листы увеличенными въ 85 разъ. Упомянутые недостатки, встрѣчаемые при составленіи триангуляціи обширнаго участка, заставили прибѣгать къ такому способу нанесенія точекъ, посредствомъ котораго можно было-бы опредѣлять бока треугольниковъ сѣти съ болѣею точностью. Эта точность достигается вычисленіями, а не графически. Вычисленія, встрѣчающіяся при составленіи триангуляціи, производятся по извѣстнымъ

формуламъ Тригонометрїи, потому подобная съемка называется *тригонометрическою*, а съѣтъ — *тригонометрическою съѣткою*.

§ 110. Тригонометрическую съемку начинаютъ обзорѣніемъ мѣстности; при этомъ избираютъ главныя точки и базу. Главныя точки должны находиться, какъ извѣстно, на мѣстахъ возвышенныхъ и открытыхъ и составлять вершины равносторонныхъ треугольниковъ или близко къ нимъ подходящихъ.

Послѣднее условіе объясняется слѣдующимъ образомъ: положимъ, что при измѣренїи угла САВ (фиг. 271) сдѣлана ошибка САС' = α и въ углѣ СВА ошибка СВС' = β , а потому вмѣсто точки С получена точка С'. Опуская изъ С перпендикуляръ СЕ на прямую ВС' и СD на линїю АС', получимъ СЕ = ВС. Sin β и СD = АС. Sin α .



Проведемъ прямую DF параллельно къ СЕ и опустивъ перпендикуляръ CG на DF, получимъ

$$DF = DG + CE;$$

$$\text{но } DG = CD. \text{ Sin } DCG = CD. \text{ Sin } (90^\circ - CDG) =$$

$$CD. \text{ Sin } C'DF = CD. \text{ Sin } (90^\circ - DC'F) = CD. \text{ Cos } DC'F.$$

Замѣняя уголъ DC'F угломъ АСВ, получимъ

$$DG = AC. \text{ Sin } \alpha. \text{ Cos } C = b. \text{ Sin } \alpha. \text{ Cos } C \text{ и}$$

$$DF = a. \text{ Sin } \beta + b. \text{ Sin } \alpha. \text{ Cos } C; \text{ но } DC'. \text{ Cos } C'DF = DC' \text{ Sin } DC'F = DF = x. \text{ Sin } C,$$

гдѣ $x = DC'$ означаетъ ошибку въ сторонѣ АС; слѣдовательно

$$x. \text{ Sin } C = a. \text{ Sin } \beta + b. \text{ Sin } \alpha. \text{ Cos } C, \text{ откуда}$$

$$x = \frac{a \text{ Sin } \beta + b. \text{ Sin } \alpha. \text{ Cos } C}{\text{Sin } C}.$$

Такимъ-же образомъ найдется ошибка y стороны ВС, именно

$$y = \frac{b. \text{ Sin } \alpha + a \text{ Sin } \beta. \text{ Cos } C}{\text{Sin } C}.$$

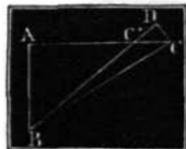
Ошибки α и β могутъ быть таковыми, что погрѣшность x или y уничтожится; но этотъ случай не подлежитъ никакому правилу. Вообще погрѣшности x и y бываютъ тѣмъ болѣе, чѣмъ острѣе или тупѣе уголъ С, составляемый сторонами АС и ВС; ибо тогда Sin С весьма малъ, Cos С близко подходитъ къ единицѣ; слѣдовательно въ

формулѣ $y = \frac{b. \text{ Sin } \alpha + a. \text{ Sin } \beta. \text{ Cos } C}{\text{Sin } C}$ числитель при положительныхъ величинахъ

его членовъ сдѣлается весьма большимъ, знаменатель уменьшается и слѣдовательно величина y сдѣлается весьма большою. Такъ на примѣръ при $A = B = 80^\circ$ получимъ $C = 20^\circ$; если $AB = c = 800$ саж., то получимъ $a = b = 2303,5$ саж. Полагая, что $\alpha = \beta = 2'$, получимъ $x = y = 7,6$ саж. значительныя ошибки. Полагая, что при тѣхъ-же обстоятельствахъ $\angle A = \angle B = 10^\circ$, получимъ $\angle C = 160^\circ$, $\text{Sin } C = \text{Sin } 160^\circ = \text{Sin } 20^\circ$, $\text{Cos } C = -\text{Cos } 20^\circ$, $a = b = 406,17$ саж. и $x = y = 0,04$ саж. незначительныя ошибки, происходящія отъ того, что по отрицательному косинусу числитель $b. \text{ Sin } \alpha + a. \text{ Sin } \beta. \text{ Cos } C$ значительно уменьшается. Принимая, что ошибка въ углѣ В равна $-\beta$, получимъ опять оба члена числителя положительными и слѣдовательно $x = -y = 1,34$ саж. Отсюда заключаемъ, что острый уголъ, составляемый сторонами АС и ВС, имѣетъ наибольшее вліяніе на вѣрность ихъ, а потому должно избирать точку С относительно АВ такъ, чтобы уголъ при этой точкѣ не былъ слишкомъ

острый. Вообще погрѣшности x и y будутъ наименьшія при наибольшей величинѣ знаменателя, т. е. при $\sin C = 1$; тогда уголъ $C = 90^\circ$, $\cos C = 0$, $x = a \cdot \sin \beta$ и $y = b \cdot \sin \alpha$. Но чтобы при равныхъ величинахъ α и β обѣ стороны a и b получились съ одинаковою точностью, то непременно сторона a должна равняться b ; ибо будетъ $\frac{x}{b} = \frac{a}{b} \cdot \sin \beta$ и $\frac{y}{a} = \frac{b}{a} \cdot \sin \alpha$ и такъ какъ $\sin \alpha = \sin \beta$, то $\frac{a}{b} = \frac{b}{a}$ или $a = b$. И такъ вообще точка C опредѣлится съ наибольшею точностью, когда уголъ при ней лежащій прямой и стороны AC и BC равны между собою. Но при составленіи треуголѣяціи выгоднѣе построить равносторонніе, нежели равнобедренные прямоугольные треугольники, потому-что треугольники, построенные на катетахъ перваго получатся меньшихъ размѣровъ и вообще они будутъ тѣмъ менѣе, чѣмъ болѣе они удалены отъ базы.

§ 111. При выборѣ главныхъ точекъ должно по возможности ограничиваться меньшимъ числомъ ихъ, потому-что этимъ ускоряется ходъ работы и съемка производится съ болѣею точностью. Отсюда слѣдуетъ, что разстоянія между главными точками должны быть наибольшія; однако ихъ длина зависитъ отъ величины снимаемаго участка, отъ степени точности инструмента, употребляемаго при измѣреніи угловъ, и отъ масштаба съемки. Разсмотримъ вліяніе послѣднихъ обстоятельствъ на длину сторонъ треугольниковъ. Пусть $CC' = \alpha$ (фиг. 272) означаетъ погрѣшность стороны AC , происходящую отъ ошибки β угла B ; означимъ сторону BC чрезъ k . Для



опредѣленія зависимости между величинами α , β и k , возставимъ изъ C перпендикуляръ CD къ прямой BC ; тогда изъ треугольника BCD получимъ $CD = k \cdot \tan \beta$, но такъ какъ наклонная CC' болѣе перпендикуляра CD , то $CC' > k \cdot \tan \beta$ или $\alpha > k \cdot \tan \beta$. Здѣсь должно замѣтить, что въ полученныхъ формулахъ не обращено вниманіе на величину радіуса, но въ вычисленія съ помощью таблицъ логарифмовъ должно вводить радіусъ, а потому $\alpha > \frac{k \cdot \tan \beta}{R}$; $k < \frac{R \cdot \alpha}{\tan \beta}$ и $\tan \beta < \frac{R \cdot \alpha}{k}$.

Если по мѣстнымъ обстоятельствамъ длина сторонъ треугольниковъ не можетъ быть болѣе предѣла k , то третьей формулѣ возможно опредѣлить уголъ β , т. е. степень точности, достигаемую углоизмѣрнымъ инструментомъ и слѣдовательно узнать какимъ инструментомъ должно измѣрять углы при извѣстной длинѣ сторонъ. Полагая, что α представляетъ наименьшую величину, выраженную по масштабу, имѣемъ при $k = 1723$ саженьямъ и при масштабѣ 200 сажень въ дюймъ

мѣ по третьей формулѣ $\text{tang } \beta < \frac{2 \cdot R}{1723}$; отсюда наибольшая величина

угла β равна $4'$, т. е. при длинѣ бока въ 1723 сажени должно измѣрять углы инструментомъ, допускающимъ наибольшую погрѣшность въ 4 минуты. Если углы измѣряютъ теодолитомъ, имѣющимъ точность до $1'$ и если съемка производится въ масштабѣ 200 сажень въ

дюймѣ, то изъ формулы $k = \frac{R \cdot \alpha}{\text{tang } \beta}$ можно вывести наибольшую длину

бока k . При $\alpha = 2$ саженьямъ и $\beta = 1'$ получимъ $k = 6875$ саженьямъ. Положимъ, что мѣстныя обстоятельства не дозволяютъ брать стороны треугольниковъ болѣе 5 верстъ и что для измѣренія имѣется инструментъ, дающій углы отъ 2 до 2 минутъ; тогда возможно по

формулѣ $\alpha > \frac{k \cdot \text{tang } \beta}{R}$ опредѣлить масштабъ съемки. Наименьшая

величина $\alpha = \frac{k \cdot \text{tang } \beta}{R} = \frac{2500 \cdot \text{tang } 2'}{R}$, откуда $\alpha = 1,4545$ саж. или

$100 \alpha = 145,45$ т. е. въ дюймѣ должно принять не менѣе 145 сажень.

§ 112. Для выбора главныхъ точекъ такъ, чтобы они служили вершинами треугольниковъ, близко подходящихъ къ равностороннымъ, должно изъ возвышенной точки А опредѣлить углы, составляемые лучами зрѣнія, направленными на точки В, С, D, ..., инструментомъ удобнымъ и легкимъ для переноски, на примѣръ буссолю; измѣренные углы наносить на брульонъ (фиг. 273) транспортиромъ. Изъ точки А съемщикъ переходитъ въ одну изъ точекъ, на ко-

фиг. 273.



торья онъ визируетъ изъ А; положимъ, что эта точка будетъ В; чѣмъ болѣе разстояніе АВ, тѣмъ лучше; оно узнается по ходу лошади или указанію жителей. Въ точкѣ В направляютъ лучи зрѣнія на А и на точки

С, D, F, ..., видимыя изъ В; измѣренные углы строятъ транспортиромъ

фиг. 274.



на другомъ брульонѣ (фиг. 274). Изъ В переносятъ инструментъ въ точку F, визируютъ на точки D, G, H... и составляютъ третій брульонъ. Такимъ образомъ составитися столько отдѣльныхъ брульоновъ, сколько

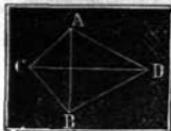
было точекъ стоянія. По нанесеннымъ на брульонахъ угламъ составляется на особомъ листѣ брульонъ всей сѣти даннаго участка, соединяя точки прямыми линиями такъ, чтобы получились треугольники,

фиг. 275.



удовлетворяющие условиям (фиг. 275). Базу должно избирать на местности ровной и открытой и по возможности в средине данного участка. По выше выведенным формулам (§ 111) можно определить предель ее длины; вообще ее длина должна быть не меньше половины одной из сторон треугольников. Если по местным обстоятельствам длина базы АВ

фиг. 276.



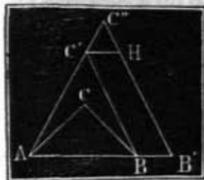
меньше надлежащего, то выбирают по обе стороны ее точки С и D (фиг. 276) такъ, чтобы они, соединенныя съ оконечностями А и В, представляли вершины треугольников АСВ и АВD, близко подходящихъ къ равностороннимъ; линию CD принимаютъ за новую базу

и относительно ее определяют прочія точки местности.

§ 113. По составленіи брульона всей сѣти приступаютъ къ точному измѣренію угловъ и базы; оба измѣренія производятъ вдругъ. Базу измѣряютъ два иногда и болѣе разъ; между полученными величинами берутъ среднюю арифметическую. Если база пролегаетъ на мѣстности неровной, то удобнѣе и точнѣе производить измѣреніе жезлами (§ 33). При этомъ должно: а) имѣть по крайней мѣрѣ три жезла, б) определить съ точностью ихъ длины, с) приставлять плотно концы жезловъ, д) класть жезлы по направленію провѣшенной базы и е) приводить каждый жезлъ въ горизонтальное положеніе.

Разсмотримъ вліяніе, произведенное ошибкою x базы АВ, на опредѣленіе точки С и сторонъ АС и ВС. Положимъ, что АВ = c (фиг. 277) представляетъ истинную длину базы, АВ' ошибочную ее длину и что, кромѣ ошибки x , существуютъ ошибки α и β въ измѣренныхъ углахъ А и В. Проведа В'С'' параллельно къ прямой ВС', получимъ вмѣсто С точку С''. Треугольникъ АВ'С'' подобенъ треугольнику АВС'; длина сторонъ АС' и ВС', зависящихъ отъ погрѣшностей α и β , должна быть увеличена или уменьшена, смотря потому будетъ-ли длина базы болѣе или менѣе истинной ее длины. Проведа С'Н параллельно къ АВ, получимъ С'Н = ВВ' = x ;

фиг. 277.



изъ пропорціи АВ: АС' = С'Н: С'С'' будетъ $C'C'' = \frac{AC' \cdot C'H}{AB} = \frac{AC'}{c} \cdot x$;

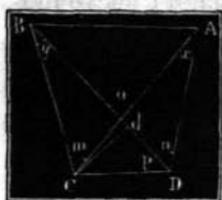
вмѣсто АС' можно подставить b ; тогда $C'C'' = \frac{b}{c} \cdot x$. На величину угла С погрѣшность x не имѣетъ вліянія.

Углы треугольниковъ сѣти измѣряются точнѣйшими углоизмѣрными инструментами, именно теодолитомъ, и повтореніемъ каж-

даго угла (§ 65). Принято за правило измѣрять въ каждомъ треугольникѣ всѣ три угла для того, чтобы возможно было повѣрять ихъ величины и исправлять встрѣчающіяся погрѣшности. Точность измѣренія угловъ зависитъ: а) отъ доброты инструмента, б) отъ точнаго его установленія, и с) отъ вниманія съемщика.

§ 114. Часто случается, что углы нельзя измѣрять непосредственно, т. е. по мѣстнымъ обстоятельствамъ нельзя ставить инструментъ въ вершинѣ измѣряемаго угла; въ такомъ случаѣ поступаютъ слѣдующимъ образомъ: пусть требуется опредѣлить величину угла АСВ (фиг. 278), въ вершинѣ С котораго нельзя установить инструментъ; тогда избираютъ точку D, изъ которой видны точки А и В и измѣряютъ уголъ АДВ. Измѣривъ разстоянiе b между точками С и D и углы n и p , получимъ:

фиг. 278.



p , получимъ:

$\angle o = \angle n + \angle x = \angle m + \angle y$. Изъ треугольника АСD имѣемъ

$AC : b = \sin(n + p) : \sin x$, откуда

$\sin x = \frac{b \cdot \sin(n + p)}{AC}$; изъ треугольника ВСD бу-

детъ $BC : b = \sin p : \sin y$, откуда $\sin y = \frac{b \cdot \sin p}{BC}$. По измѣренному

углу n и полученнымъ чрезъ вычисленiе угламъ x и y , возможно опредѣлить $\angle ACB = \angle m = \angle n + \angle x - \angle y$. Здѣсь должно замѣтить, что длины сторонъ АС и ВС опредѣляются по приближенiю для отысканiя угловъ x и y .

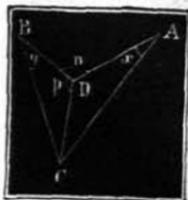
фиг. 279.



а) Положимъ, что точка D находится на линiи АС (фиг. 279); измѣривъ разстоянiе $CD = b$ и углы n и p , получимъ:

$$\angle m = \angle n - \angle y = \angle n - \frac{b \cdot \sin p}{BC} = \angle n - \frac{b \cdot \sin n}{BC}$$

фиг. 280.

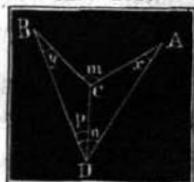


б) Если точка D находится между сторонами угла m (фиг. 280),

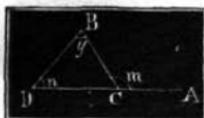
$$\text{то } \angle m = \angle n - \angle x - \angle y = n - \frac{b \cdot \sin(n - p)}{BC}$$

$$\frac{b \cdot \sin p}{BC}$$

Фиг. 281.



Фиг. 282.



с) Если точка *C* находится между сторонами угла *n*, то получимъ (Фиг. 281)

$$\angle m = \angle n + \angle x + \angle y = \angle n + \frac{b \cdot \sin(n - p)}{AC} + \frac{b \cdot \sin p}{BC}$$

д) Если точка *D* находится на продолженіи линіи *AC* или *BC* (Фиг. 282), то будетъ

$$\angle m = \angle n + \angle y = \angle n + \frac{b \cdot \sin p}{BC}$$

Такъ какъ длины *AC* и *BC* приблизительно только извѣстны, то величины угловъ *x* и *y* получаются неточными; но величины этихъ линій весьма большія въ сравненіи съ линіею *CD*, а потому ошибочныя величины *AC* и *BC* не имѣютъ вліянія на опредѣленіе весьма малаго угла *y*; по опытамъ оказалось, что погрѣшность этого угла не превышаетъ 1'. При выборѣ точекъ стоянія должно соблюдать, чтобы уголъ *n* не былъ слишкомъ острый или тупой. Углы *x* и *y*, служашіе къ опредѣленію угла *m*, могутъ быть найдены слѣдующимъ образомъ: возставивъ изъ точки *C* (фигура 278) перпендикуляръ *Cd* къ линіи *BC* такъ, чтобы точка *d* находилась на линіи *BD*, измѣряютъ *Cd* и опредѣляютъ длины *BC* и *AC* изъ смежныхъ треугольниковъ; изъ формулы $\text{tang } y = \frac{Cd}{BC}$ опредѣлится уголъ *y*. Измѣренные на мѣстности углы вносятся въ особую таблицу.

§ 115. По измѣреніи всѣхъ угловъ производятъ общую ихъ повѣрку; для этого берутъ сумму угловъ, находящихся въ каждомъ треугольникѣ или лежащихъ около одной точки. Если углы измѣрены вѣрно, то ихъ сумма въ каждомъ треугольникѣ должна равняться $180^\circ \pm 3\alpha$, гдѣ α выражаетъ степень точности инструмента; въ самомъ дѣлѣ: если при измѣреніи угла допускается ошибка α , то сумма трехъ угловъ получается ошибочною на количество 3α . Положимъ, на примѣръ, что углы измѣрены теодолитомъ, дающимъ углы отъ 1 до 1 минуты; тогда сумма угловъ треугольника можетъ быть 3 минутами болѣе или менѣе 180 градусовъ. Треть полученной погрѣшности отнимаютъ отъ каждаго угла треугольника или придаютъ къ нему для того, чтобы сумма угловъ получилась 180° ; для болѣе точности должно погрѣшность суммы угловъ разлагать на всѣ углы пропорціонально къ ихъ

синусамъ. Положимъ, на примѣръ, что въ треугольникѣ ABC: $\angle A = 45^\circ 36'$, $\angle B = 66^\circ 19'$ и $\angle C = 68^\circ 7'$, сумма $\angle A + \angle B + \angle C = 180^\circ + 2'$. Для получения болѣе точныхъ величинъ, должно изъ каждаго угла вычесть $\frac{2}{3}$ минуты или $40''$; тогда получимъ $\angle A = 45^\circ 35' 20''$, $\angle B = 66^\circ 18' 20''$ и $\angle C = 68^\circ 6' 20''$. Если сумма измѣренныхъ угловъ разнствуеъ отъ 180° болѣе чѣмъ на 3α , то должно вновь измѣрить всѣ три угла или только тѣ, которые болѣе сомнительны. Сумма угловъ, лежащихъ около одной точки, должна равняться $360^\circ \pm n \cdot \alpha$, гдѣ n означаетъ число измѣренныхъ угловъ. Пусть на примѣръ сумма полученныхъ угловъ равна: $59^\circ 52' + 43^\circ 35' + 46^\circ 49' + 48^\circ 29' + 51^\circ 32' + 64^\circ 31' + 45^\circ 7' = 359^\circ 55'$, т. е. 5 минутами менѣе 360° . Для уничтоженія этой погрѣшности должно къ каждому углу прибавить $\frac{5}{7}$ минуты или 42,86 секунды.

§ 116. По повѣркѣ всѣхъ угловъ приступаютъ къ рѣшенію треугольниковъ, начиная съ тѣхъ, которые построены на базѣ, и переходя постепенно ко всѣмъ другимъ. Въ треугольникѣ ABC опредѣляютъ по извѣстнымъ сторонамъ и угламъ, прочія двѣ стороны изъ слѣдующихъ пропорцій :

$$AB : AC = \sin C : \sin B \text{ и } AB : BC = \sin C : \sin A,$$

$$\text{откуда } \log AC = \log AB + \log \sin B - \log \sin C \text{ и}$$

$$\log BC = \log AB + \log \sin A - \log \sin C.$$

Полученныя величины записываютъ въ особой таблицѣ :

Треуголь- ники.	Углы.		Логарифмы.		Длина сторонъ.		Примѣчанія.
ABC	C	$68^\circ 6' 20''$	AB		AB	1003,5 саж.	AB база.
	B	$66^\circ 18' 20''$	AC	2,9957832	AC	990,34 »	
	A	$45^\circ 35' 20''$	BC	2,8879324	BC	772,56 »	
ACF	F	$44^\circ 28' 40''$	AC	2,9957832	AC	990,34 »	
	C	$71^\circ 20' 40''$	AF	3,1177811	AF	1311,6 »	
	A	$64^\circ 10' 40''$	CF	3,1046076	CF	1272,4 »	

Извѣстно, что для опредѣленія на бумагѣ точекъ мѣстности, слѣдуетъ начертить треугольники, подобные даннымъ на землѣ, нанеся стороны по масштабу и углы по транспортиру или таблицѣ тангенсовъ. Но въ тригонометрической съемкѣ это построение съѣти не употребляется, потому-что: 1) при нанесеніи угловъ могутъ вкратъся ошибки, ибо

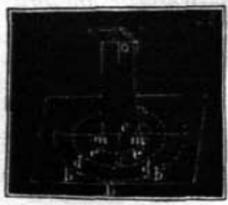
съ помощію транспортира наносятся углы съ точностью только отъ 30' до 30', и даже по таблицѣ тангенсовъ нельзя построить углы, выраженные въ частяхъ градуса, меньшихъ 5 минутъ; 2) нельзя имѣть столь большихъ листовъ, чтобы вся сѣть помѣстилась по данному масштабу. По этимъ причинамъ употребляютъ слѣдующій способъ нанесенія сѣти: вычисляютъ координаты главныхъ точекъ относительно двухъ прямоугольныхъ осей (§ 89), принимая за начало координатъ одну изъ точекъ сѣти, за ось абсиссъ полуденную линію или меридіанъ, и за ось ординатъ линію перпендикулярную къ полуденной. Сначала рассмотримъ способы опредѣленія полуденной линіи при данной точкѣ мѣстности.

§ 117. а) Солнце, отъ начала своего восхожденія все болѣе и болѣе возвышаясь надъ точкою А земной поверхности, достигаетъ наибольшую высоту. Это положеніе солнца опредѣляетъ астрономическій полудень точки А (фиг. 283); вертикальная плоскость, проходящая чрезъ земные полюсы, точку А и центръ солнца, достигающаго наибольшую высоту надъ А, называется *меридіональною*.

Линія *NAS* пересѣченія меридіональной плоскости съ поверхностью земли называется *полуденною* или *меридіаномъ* точки А. Наибольшая высота солнца надъ какою-нибудь точкою земной поверхности называется *кульминаціею*; по переходѣ солнца чрезъ меридіанъ точки А, оно все болѣе кажется приближающимся къ поверхности земли, а потому солнцу кажется наблюдателю, стоящему въ точкѣ А, находящимся на равныхъ высотахъ въ моменты времени, равно отстоящіе отъ полудня, такъ на примѣръ высоты солнца въ 9 часовъ до полудня и въ 3 часа по полудня кажутся равными для точки А; на этомъ основывается опредѣленіе полуденной линіи. Поставивъ въ точкѣ А плоскость, приведенную въ горизонтальное положеніе, чертятъ на ней нѣсколько концентрическихъ круговъ (фиг. 284); въ центрѣ ихъ ставятъ пластинку или дощечку въ положеніи перпендикулярномъ къ плоскости; въ дощечкѣ просверлено отверстіе *o*, и на ея поверхности проведена черта *oc* перпендикулярно къ основанію *tm'*. Дощечку ставятъ на плоскости такъ, чтобы конецъ черты *oc* совмѣстился съ центромъ круговъ. Очевидно, что отъ дощечки образуется на горизонтальной плоскости тѣнь, по



фиг. 283.



фиг. 284.

солнечный лучъ, проходящій чрезъ отверстіе o , оставляетъ на плоскости свѣтлую точку b , которая, при постепенномъ увеличеніи высоты солнца, все болѣе приближается къ основанію mm' дощечки. Такимъ образомъ свѣтлая точка будетъ проходить до полудня чрезъ точки $b, d, e...$ концентрическихъ круговъ, а по полудня, удаляясь отъ mm' , она пройдетъ чрезъ точки $e', d', b'...$ Отмѣчая эти точки на окружностяхъ, и раздѣляя дуги $bb', ee', dd'...$ въ точкахъ $b'', e'', d''...$ пополамъ, проводятъ прямую $b''d''$, которая означитъ направленіе полуденной. Точки b и b', e и e', d и $d'...$ означаютъ на горизонтальной плоскости, точки встрѣчи солнечныхъ лучей съ горизонтомъ; по этому прямая $b''d''$ представляетъ пересѣченіе горизонтальной плоскости съ вертикальною, проходящею чрезъ центръ солнца во время его кульминаціи и точку A мѣстности. Отсюда слѣдуетъ, что для опредѣленія меридіана какой-нибудь точки A мѣстности, должно горизонтальную плоскость установить со всею точностью центромъ c отвѣсно надъ A (§ 85).

Для опредѣленія направленія полуденной линіи на мѣстности представляютъ край линейки къ прямой $b''d''$, и по продолженію колимационной плоскости діоптровъ или трубы ставятъ колья, находящіеся съ точкою A и прямою $b''d''$ въ одной вертикальной плоскости.

б) Положимъ, что требуется опредѣлить меридіанъ AS точки A (ф. 285) мѣстности; очевидно, что линія NS опредѣлится, если будетъ извѣстенъ уголъ, составляемый ею и линіею AB . Поставивъ теодолитъ

фиг. 285.



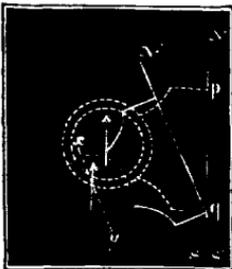
въ точкѣ A , закрѣпляютъ алидадный кругъ такъ, чтобы нуль лимба совмѣстился съ показателемъ верньера; обращеніемъ лимба наводятъ трубу на отдаленный, но ясно видимый предметъ B . Закрѣпивъ лимбъ, наводятъ трубу обращеніемъ алидаднаго круга на верхній или нижній край солнца; при этомъ показатель верньера опишетъ дугу BH . Замѣтивъ на вертикальномъ кругѣ наклоненіе трубы, обращаютъ алидадный кругъ по полудня такъ, чтобы при томъ-же наклоненіи трубы, въ ней показался опять тотъ-же край солнца; при этомъ показатель верньера опишетъ дугу BH' . Замѣтивъ уголъ BAN' , получимъ $\angle HAN' = \angle HAB + BAN'$; но такъ какъ $\angle HAS = \angle SAN'$ то $\angle HAS = \frac{HAB + BAN'}{2}$ и потому $BAS = \frac{HAB + BAN'}{2} - BAN' = \frac{BAN' - HAB}{2}$. Это дѣйствіе

повторяютъ нѣсколько разъ и для полученныхъ величинъ угла BAS берутъ среднюю арифметическую. Закрѣпивъ опять алидадный кругъ такъ, чтобы показателъ верньера совмѣстился съ нулемъ лимба, обращаютъ алидаду на уголъ BAS и по продолженію колимационной плоскости трубы проводятъ линію, означающую на мѣстности направление полуденной.

По полученной полуденной линіи возможно опредѣлить при данной точкѣ A на мѣстности склоненіе магнитной стрѣлки; для этого приставляютъ выдающійся край ориентиръ-буссоли къ прямой $b'd''$ (фиг. 284), находящейся въ меридіональной плоскости точки A , и замѣчаютъ въ какую сторону отходить сѣверный конецъ магнитной стрѣлки отъ діаметра, проходящаго чрезъ 0 и 180° , также число градусовъ, заключающееся между нулемъ градусной подписи и сѣвернымъ концемъ стрѣлки; это число опредѣляетъ ея склоненіе. Для $S.$ Петербурга склоненіе стрѣлки западное и равно 6° .

§ 118. На оборотъ по извѣстному склоненію возможно опредѣлить направление полуденной линіи; для этого приставляютъ край ориентиръ-буссоли къ проведенной на бумагѣ прямой NS , ориентируютъ мензулу по странамъ свѣта (§ 86) и поворачиваютъ буссоль влево или вправо отъ точки N , пока сѣверный конецъ стрѣлки совмѣстится съ требующей чертою градуснаго дѣленія; такъ на примѣръ, для опредѣленія полуденной линіи при восточномъ склоненіи магнитной стрѣлки, равномъ 8° , ставятъ ориентиръ-буссоль на горизонтальной плоско-

фиг. 286.

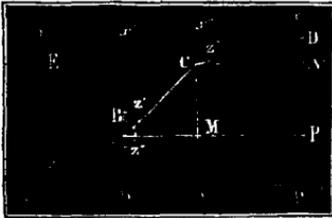


сти, приводятъ стрѣлку въ совмѣщеніе съ діаметромъ xu (фиг. 286) и обращаютъ буссоль около точки q влево отъ точки N , пока сѣверный конецъ стрѣлки совмѣстится съ чертою 8° . Прямая $N'S'$ означаетъ на бумагѣ направление полуденной.

Часто требуется ориентировать мензулу по полуденной линіи NS , проведенной на бумагѣ. Полагая, что склоненіе стрѣлки западное и равно $5\frac{1}{2}^\circ$, приставляютъ край ориентиръ-буссоли къ прямой NS и обращеніемъ доски приводятъ ось стрѣлки въ совмѣщеніе съ діаметромъ xu ; тогда мензула ориентирована по магнитному меридіану. Обращая доску микрометрическимъ винтомъ вправо отъ точки N на уголъ, равный $5\frac{1}{2}^\circ$, закрѣпляютъ ее въ этомъ положеніи; тогда мензула ориентирована по полуденной линіи.

§ 119. Горизонтальная проекція угла, составляемаго полуденной линією съ какою-нибудь линією на мѣстности, называется *азимутомъ данной линіи*. Для вычисленія координатъ главныхъ точекъ, должно сначала опредѣлить азимуты сторонъ треугольниковъ сѣти. При этомъ принимается, что полуденныя линіи, проходящія чрезъ различныя точки даннаго участка, параллельны между собою; азимуты считаютъ отъ сѣвера къ востоку до 360° . Достаточно на мѣстности измѣрить

фиг. 287.



азимутъ одной только линіи. Опредѣливъ въ точкѣ А (фиг. 287) направленіе полуденной линіи (§ 117), измѣряютъ теодолитомъ уголъ z , составляемый стороною АВ съ полуденною АХ. По измѣренному азимуту z опредѣляются азимуты всѣхъ прочихъ сторонъ, а именно:

$$\text{аз. л. } BC = \angle z' = 180^\circ - \angle pBC = 180^\circ - (ABC - ABP) = 180^\circ + z - ABC;$$

$$\text{аз. л. } CD = \angle z'' = 180^\circ - \angle p'CD = 180^\circ - (BCD - BCp') = 180^\circ + z' - BCD;$$

$$\text{аз. л. } BE = \angle z''' = 180^\circ + \angle ABP + \angle ABE = 180^\circ + z + ABE; \text{ и т. д.}$$

гдѣ углы ABC, BCD, ABE... суть углы треугольниковъ сѣти или сумма такихъ угловъ, слѣдовательно они извѣстны. Такимъ-же образомъ опредѣляются азимуты всѣхъ сторонъ треугольниковъ.

§ 120. По опредѣленіи азимутовъ приступаютъ къ отысканію координатъ вершинъ треугольниковъ; такъ на примѣръ, координаты точки В опредѣлятся изъ треугольника АВр, именно

$$Ap = AB \cdot \sin z \text{ и } Bp = AB \cdot \cos z.$$

Координаты точки С равны

$$Cp' = CM + Mp' = CM + Bp \text{ и } Ap' = Ap + pp' = Ap + BM;$$

части CM и BM опредѣлятся изъ треугольника CBM, т. е.

$$CM = BC \cdot \cos z' \text{ и } BM = BC \cdot \sin z';$$

$$\text{слѣдовательно } Cp' = AB \cdot \cos z + BC \cdot \cos z' \text{ и } Ap' = AB \cdot \sin z + BC \cdot \sin z'.$$

Координаты точки D равны

$$Dp'' = DN + NP + Pp'' = DN + CM + Bp \text{ и}$$

$$Ap'' = Ap' + p'p'' = Ap' + CN; \text{ части NC и DN опредѣлятся изъ треугольника CDN, именно}$$

$$DN = CD \cdot \cos z'' \text{ и } CN = CD \cdot \sin z'', \text{ слѣдовательно}$$

$$Ap'' = AB \cdot \sin z + BC \cdot \sin z' + CD \cdot \sin z'' \text{ и}$$

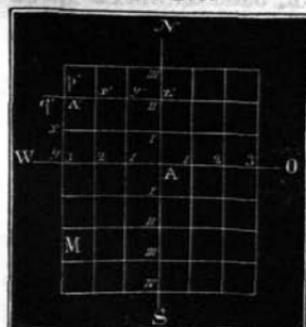
$$Dp'' = AB \cdot \cos z + BC \cdot \cos z' + CD \cdot \cos z'' \text{ и т. д.}$$

Вычисленныя координаты вносятъ въ слѣдующую таблицу:

А б с ц и с с ы .			О р д и н а т ы .		
Точки.	сѣверныя.	южныя.	Точки.	восточныя.	западыя.
F	1225,2 саж.	—	F	536,4 саж.	—
E	132,9 »	—	E	854,7 »	—
C	705,7 »	—	C	—	693,5 саж.
B	—	361,3 саж.	B	—	936,2 »

§ 121. По вычисленіи координатъ наносить сѣтъ на бумагу; это дѣйствіе называется *прокладкою*. Для полученія сѣти проводить на особомъ листѣ двѣ взаимно-перпендикулярныя прямыя NS и OW, означающія оси координатъ (фиг. 288); отъ начала А осей откладываютъ по прямымъ NS и OW части, равныя между собою въ такомъ масштабѣ, чтобы вся сѣтъ помѣстилась на этомъ листѣ. Черезъ полученные точки дѣленія проводить прямыя, параллельныя къ осямъ NS и OW; тогда получится сѣтъ, состоящая изъ равныхъ квадратиковъ. Эта сѣтъ облегчаетъ нанесеніе точекъ, координаты которыхъ такъ велики, что взять ихъ простымъ циркулемъ невозможно. Каждый квадратикъ изображается на отдѣльномъ мензульномъ листѣ; слѣдовательно число квадратиковъ должно равняться числу мензульныхъ листовъ, потребныхъ для съемки участка при данномъ масштабѣ. Полагая, что съемка должна быть произведена въ масштабѣ 200 сажень въ дюймѣ и что бокъ листа равенъ 25 дюймамъ, узнаемъ, что на каждомъ листѣ помѣщаются 100 квадрат-

фиг. 288.



ныхъ верствъ; слѣдовательно бокъ каждого квадратика содержитъ 10 верствъ. Чтобы возможно было запомнить порядокъ расположенія мензульныхъ листовъ, необходимо ихъ нумеровать и также соответствующіе имъ квадратики. Квадратики означаются отъ начала А осей по полуденной линіи римскими цифрами, а по линіи OW арабскими; буквы N, S, O, W показываютъ, въ которомъ изъ четырехъ угловъ, составляемыхъ осями, находится квадратикъ, слѣдовательно и соответствующій ему мензульный листъ; такъ на примѣрѣ квадратикъ М означаютъ чрезъ SW. III. 3; этими-же знаками означаютъ мензульный листъ, со-

отвѣтствующій квадратику М. Изъ предъидущаго извѣстно, что точки тригонометрической сѣти наносятся на мензульные листы по вычисленнымъ ихъ координатамъ; но для этого должно, по нумерованіи всѣхъ мензульныхъ листовъ, опредѣлить сначала на какомъ листѣ должна находиться каждая точка, а потомъ уже найти ея мѣсто на этомъ листѣ. Изъ послѣдней таблицы (§ 120) видно, что точка В должна находиться въ квадратикѣ SW.I.1 (ф. 288), слѣдовательно на мензульномъ листѣ, означенномъ чрезъ SW.I.1 (фиг. 289). Для полученія



фиг. 289. точки В на мензульномъ листѣ, должно на немъ начертить квадратъ, котораго бокъ равенъ 25 дюймамъ. Вершина А представляетъ начало осей координатъ и NS направленіе полуденной. Отложивъ по данному масштабу отъ А ординату точки В, т. е. 936,2 саж. до p и абсциссу, равную 361,3 саж. до q , описываютъ изъ p дугу радиусомъ Aq и изъ q другую дугу радиусомъ Ap ; пересѣченіе этихъ дугъ опредѣляетъ положеніе точки В. Точно такъ опредѣляютъ положеніе точекъ F и E на мензулѣ NO.I.1 и точку С на мензулѣ NW.I.1. Пусть требуется еще опредѣлить точку Р, когда ея абсцисса сѣверная и равна 11548 саж., ордината западная и равна 17536 саж. Сначала должно опредѣлить на какомъ мензульномъ листѣ находится точка Р; раздѣляя координаты этой точки на бокъ квадрата, узнаемъ по полученнымъ частнымъ разстоянія краевъ искомага листа отъ осей координатъ; частныя $\frac{11548}{5000} = 2 + \frac{1548}{5000}$ и $\frac{17536}{5000} = 3 + \frac{2536}{5000}$ показываютъ, что точка

Р должна находиться на одномъ изъ квадратиковъ, означенныхъ чрезъ III, также въ квадратикѣ, означенномъ чрезъ 4; слѣдовательно она находится въ квадратикѣ NW.III.4. На мензульномъ листѣ NW.III.4 (фиг. 290) откладываютъ по масштабу часть $A'p' = 1548$ саж. и $A'q' = 2536$ саж. Пересѣченіе дугъ, описываемыхъ изъ p' и q' радиусами,

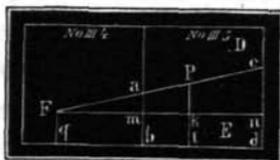
фиг. 290. равными упомянутымъ остаткамъ, опредѣляетъ положеніе точки Р; и въ самомъ дѣлѣ (фиг. 288) абсцисса $11548 = yx + xA' + A'p' = 5000 + 5000 + 1548$, ордината $17536 = y'z' + y'x' + x'A' + A'q' = 5000 + 5000 + 5000 + 2536$. Нанеся такимъ образомъ всѣ точки тригонометрической сѣти на мензульные листы, продолжаютъ съемку мензулю на каждомъ листѣ независимо отъ другихъ въ масштабѣ 200 сажень въ дюймѣ.

Для этого составляютъ на каждомъ мензульномъ листѣ гео-

метрическую съѣтъ, принимая разстояніе, между нанесенными точками тригонометрической съѣты, за базу.

§ 122. Отсюда видно, что для продолженія съѣмки необходимо, чтобы на каждомъ мензульномъ листѣ помѣстились по крайней мѣрѣ двѣ точки тригонометрической съѣты; но часто случается, что точки тригонометрической съѣты, проекціи которыхъ находятся на одномъ листѣ, не видны одна изъ другой или, что на одномъ листѣ помѣстилась одна только точка тригонометрической съѣты; тогда для производства мензульной съѣмки поступаютъ слѣдующимъ образомъ: пусть въ участкѣ, помѣщаемомъ на листѣ NO.III.5 (фиг. 291), точки D и E не видны изъ P, но точка F, проекція которой находится на смежномъ листѣ NO.III.4, видна изъ точки P; тогда

фиг. 291.



должно на мензулѣ NO.III.5 начертить проекцію линіи FP; для этого необходимо найти части ab и cd . Воображая, что чрезъ точку F проведена прямая Fn параллельно къ qd , получимъ подобные треугольники Fam , FPk и Fcn , изъ которыхъ выводятся пропорціи

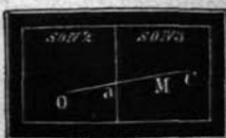
$$am : Fm = Pk : Fk \text{ и } Pk : Fk = cn : Fn ;$$

отсюда $am = \frac{Fm \cdot Pk}{Fk}$ и $cn = \frac{Pk \cdot Fn}{Fk}$; въ этихъ выраженіяхъ извѣст-

ны величины: $Fm = qb$, $Fk = qb + bl$, $Pk = Pl - mb$, $Fn = qb + bd$, гдѣ qb и mb означаютъ координаты точки F, Pl и bl координаты точки P и bd бокъ листа. По полученнымъ величинамъ am и cn будетъ: $ab = am + mb$ и $cd = cn + nd = cn + mb$. Отложивъ по масштабу вычисленные величины cd и ab и проведя прямую ac , получимъ направленіе линіи FP. Поставя мензулу на точку P, возможно ее ориентировать по прямой ac на F.

Если на мензульномъ листѣ находятся двѣ точки тригонометрической съѣты, имѣющія на мѣстности такое положеніе, что одна не вид-

фиг. 292.

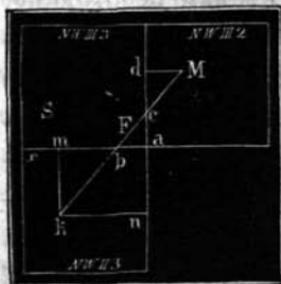


на изъ другой, или если на листѣ помѣстилась одна только точка, то должно, какъ въ предыдущемъ случаѣ, опредѣлить направленіе прямой ac (фиг. 292), означающей часть проекціи линіи OM, проходящей чрезъ точку M листа SO.IV.3 и точку

O смежнаго листа SO.IV.2. По прямой ac ориентируютъ мензулу на точку O.

Если на мензульномъ листѣ NW. III. 3 (фиг. 293) не помѣстилась ни одна точка тригонометрической сѣти (это можетъ случиться только на крайнихъ листахъ, на которыхъ помѣщается иногда небольшая часть 100 квадратныхъ верствъ), то для ориентированія мензулы должно на листѣ NW. III. 3. опредѣлить направление линіи Mk ; точки M и k находятся на смежныхъ листахъ. Положимъ, что точка M видна изъ k и на оборотъ. Для этого проведемъ прямыя kn и Md параллельно къ боку ax листа и km перпендикулярно къ нему, получимъ изъ подобныхъ треугольниковъ kcn , Mcd и abc пропорцію

фиг. 293.



$cn : cd = kn : Md$ или

$$cn : cn + cd = kn : kn + Md; \text{ откуда}$$

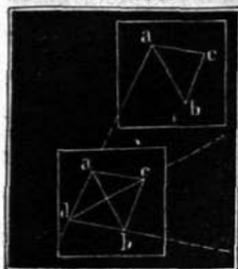
$$cn = \frac{(cn + cd)kn}{kn + Md} = \frac{dn \cdot kn}{kn + Md}, \text{ гдѣ } dn = ad + an;$$

часть $ac = cn - km$; изъ пропорцій $ab : ac = kn : cn$ получимъ $ab = \frac{ac \cdot kn}{cn}$. Величины km , kn , Md и ad опредѣляютъ по извѣстнымъ ко-

ординатамъ точекъ M и k ; найденныя части ab и ac откладываютъ по масштабу на краяхъ листа NW. III. 3. По прямой bc ориентируютъ мензулу и опредѣляютъ на ней положеніе какой-нибудь точки F линіи Mk измѣреніемъ разстояній MF и kF или обратную засѣчкою изъ точки S , находящейся на листѣ NW. III. 3. близъ края ax .

§ 123. По опредѣленіи на мензульномъ листѣ трехъ точекъ тригонометрической сѣти, должно повѣрить ихъ положеніе. Для этого ставятъ мензулу точкою a надъ A , ориентируютъ ее по прямой ab на B и визируютъ чрезъ a на C ; тогда край алидады долженъ пройти чрезъ точку c ; переставя мензулу точкою b надъ B и ориентировавъ по ab на A , визируютъ чрезъ b на точку C ; тогда край алидады опять долженъ пройти чрезъ c . Если линіи визированія не проходятъ чрезъ точку c , то это могло прозойти только отъ невѣрнаго перенесенія точекъ на мензульный листъ. Точно такимъ-же образомъ производится повѣрка, когда мензулу можно ставить на двухъ только точкахъ сѣти. Если-же мензула можетъ быть поставлена на одной только точкѣ A , то возможно повѣрить одинъ уголъ cab . Для повѣрки точекъ b и c , избираютъ точку D стоянія (фиг. 294), проводятъ чрезъ a линію ви-

фиг. 294.

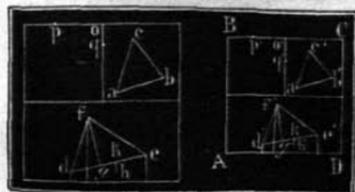


зирования на D, переносят мензулу на точку D, ориентируют ее на A и наводят линии визирования чрезъ с на С и чрезъ b на В. Проведенныя линии визирования должны пересѣкаться съ прямою *ad* въ одной точкѣ *d*. Если мензулу нельзя ставить ни на одной изъ трехъ точекъ, то избираютъ удобную точку стоянія, изъ которой были-бы видны точки А, В, С; проводятъ линии визирования чрезъ *a* на А, чрезъ *b* на В и чрезъ *c* на С; всѣ три линии визирования должны пересѣкаться въ одной точкѣ. По повѣркѣ точекъ тригонометрической сѣти, повѣряютъ въ каждой точкѣ геометрической сѣти ориентированіе мензулы, наведя линии визирования на точки мѣстности чрезъ соответствующія имъ проекціи. По составленіи геометрической сѣти на каждомъ мензульномъ листѣ отдѣльно, наносятъ всѣ подробности даннаго участка.

§ 124. Для получения общаго плана мѣстности, когда ея изображеніе составлено на нѣсколькихъ мензульныхъ листахъ, слѣдовало бы эти листы соединять одинъ съ другимъ въ надлежащемъ порядкѣ, соображаясь съ сѣтью равныхъ квадратиковъ (фиг. 288); но тогда получилось-бы изображеніе въ весьма большомъ размѣрѣ. Для избѣжанія этого неудобства перерисовываютъ изображеніе, полученное на мензульныхъ листахъ, въ уменьшенномъ масштабѣ на другихъ листахъ. Для перерисовки плановъ имѣются слѣдующіе способы:

а) Если, на примѣръ, перерисовка производится въ масштабѣ въ *m* разъ меньшемъ противъ масштаба съемки, то бокъ мензульнаго листа относится къ сторонѣ листа ABCD, на которомъ должна помѣститься копія изображенія, какъ *m* къ единицѣ. Раздѣляя мензульный листъ на *n* равныхъ квадратиковъ, опредѣляютъ координаты точекъ, на немъ находящихся по масштабу съемки относительно боковъ

фиг. 295.



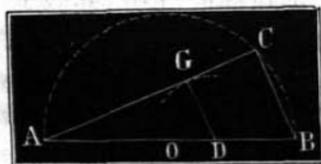
начерченныхъ квадратиковъ. Уменьшивъ полученныя координаты въ *m* разъ и раздѣливъ листъ ABCD (фиг. 295) на *n* равныхъ квадратиковъ, откладываютъ прямыя $o'p' = \frac{op}{m}$ и $o'q' = \frac{oq}{m}$. Панеся $a'b' = \frac{ab}{m}$

посредствомъ координатъ точекъ *a* и *b*, описываютъ изъ точекъ *a'* и *b'* радіусами $\frac{ac}{m}$ и $\frac{bc}{m}$ двѣ дуги, которыхъ пересѣченіе опредѣлитъ точку

c' , соответствующую точкѣ c . Такимъ образомъ можно посредствомъ треугольниковъ перенести всѣ точки мензульнаго листа. Опредѣливъ на листѣ ABCD прямую $d'e'$, соответствующую прямой de , возможно перенести точки f, h, \dots посредствомъ ихъ координатъ dg, gf, hk, ek, \dots , взятыхъ относительно прямой de . Для нанесенія какой-нибудь прямой ab на листъ ABCD по масштабу копіи, опредѣляютъ длину ab по масштабу, простроенному на мензульномъ листѣ; полагая, что $ab = \alpha$ саженьмъ, берутъ по тому-же масштабу длину въ $\frac{\alpha}{m}$ сажень и наносятъ ее на листъ ABCD; но лучше поступать слѣдующимъ образомъ: положивъ, что въ дюймѣ масштаба оригинала содержится 100 сажень, и что копію должно составить въ масштабѣ 250 сажень въ дюймѣ, имѣемъ $AB : BC = \frac{1}{8400} : \frac{1}{21000}$, гдѣ $AB = \alpha$ саженьмъ представлять линію, находящуюся на оригиналѣ, и BC линію, содержащую также α сажень, но взятую на копіи.

Изъ предъидущей пропорціи имѣемъ $AB : BC = 21000 : 8400$ или $AB : BC = 5 : 2$. Проведя прямую AB (фиг. 296), длиною, на примѣръ, въ 5 дюймовъ, раздѣлимъ ее на 5 равныхъ частей и изъ ея середины O опишемъ полуокружность;

фиг. 296.



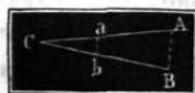
потомъ отложимъ отъ B до C хорду, равную 2 частямъ прямой AB . Соединивъ точки A и C прямою AC , получится прямоугольный треугольникъ ABC , въ которомъ $AB : BC = 5 : 2$.

Для нанесенія прямой EF , находящейся на оригиналѣ, откладываютъ ея длину циркулемъ отъ A до D и проводятъ чрезъ D прямую DG параллельно къ BC : прямая DG изобразитъ на копіи линію, соответствующую прямой EF , ибо AD или $EF : DG = AB : BC = 5 : 2$.

б) *Посредствомъ пропорціональнаго циркуля.*

Онъ состоитъ изъ двухъ линейекъ, вращающихся около общей оси: на нихъ проведены линіи AC и BC (фиг. 297), проходящія чрезъ

фиг. 297.



центръ вращенія. Линіи AC и BC раздѣлены на одинакое число равныхъ частей, которыя означены цифрами. Положимъ, что требуется найти седьмую часть прямой AB ; для этого берутъ простымъ циркулемъ длину AB , разставляютъ линейки AC и BC такъ, чтобы ножки простаго циркуля помѣстились на соответствующихъ дѣленіяхъ ли-

ній AC и BC , такъ, чтобы ножки простаго циркуля помѣстились на соответствующихъ дѣленіяхъ ли-

неекъ, именно на тѣхъ, которыя составляютъ наибольшее кратное число семи; такъ на примѣръ, когда на линейкахъ помѣщено по 200 дѣлений, тогда ножки циркуля устанавливаются на дѣленіяхъ, означенныхъ чрезъ 196. Взявъ потомъ разстояніе между дѣленіями, означенными чрезъ 28, получимъ $\frac{1}{7}$ АВ; дѣйствительно при $AC = 196$ и $ac = 28$, получимъ $AB : ab = AC : ac = 196 : 28 = 7 : 1$.

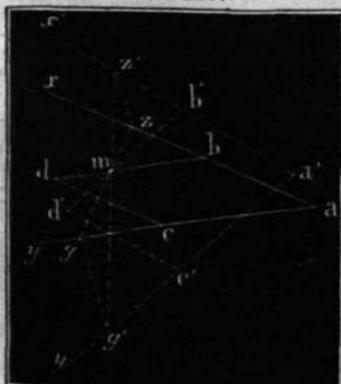
с) Если требуется произвести перерисовку такъ, чтобы площадь копій относилась къ площади оригинала, какъ p къ q , то, означивъ какую-нибудь линію оригинала чрезъ A и ей соответствующую на копіи чрезъ a , получимъ $a^2 : A^2 = p : q$ и $a = \sqrt{\frac{A^2 \cdot p}{q}} = \sqrt{A} \cdot \sqrt{\frac{A \cdot p}{q}}$; т. е. a есть средняя пропорціональная между

A и $\frac{Ap}{q}$. Для полученія линіи a , откладываютъ на прямой АВ (ф. 298)

части AF и FB такъ, чтобы $AF : FB = p : q$. Описавъ на линіи АВ полуокружность и возставивъ изъ F перпендикуляръ FD къ прямой АВ, получимъ $AD^2 = AB \cdot AF$ и $BD^2 = AB \cdot BF$, откуда $AD^2 : BD^2 = AF : BF = p : q$. Отложивъ длину $A'D$ линіи на оригиналѣ и проведя прямую $A'B'$ параллельно къ АВ, получимъ прямую $D'B'$, соответствующую на копіи прямой $A'D$, ибо

$$A'D : B'D = AD : BD \text{ или } A'D^2 : B'D^2 = p : q.$$

§ 125. Упомянутые способы употребляются только для перерисовки небольшихъ плановъ, но если планъ содержитъ много подробностей, то они неудобны и продолжительны; тогда употребляютъ особаго рода инструментъ, называемый *пантографомъ*. Устройство его основывается на слѣдующей теоріи:



представимъ себѣ двѣ планочки ax , ay , (фиг. 299), соединенныя другими двумя планочками $bd = ac$ и $cd = ab$; если точки a, b, c, d представляютъ оси, на которыхъ планочки могутъ обращаться, то при всякомъ углѣ $xaу$, составленномъ планками ax , ay , фигура $abdc$ всегда будетъ параллелограммъ; далѣе положимъ, что m постоянная точка, около которой обращается

планка bd , g произвольная точка на планкѣ ay , и z точка планки ax , находящаяся на прямой zm ; при перемѣщеніи точки g въ g' всѣ точки планокъ, исключая точки m , перемѣстятся и тогда z приметъ какое-нибудь положеніе z' . При этомъ перемѣщеніи должно замѣтить слѣдующее: 1) точки g, m, z будутъ находиться на одной прямой при всякомъ положеніи планокъ; 2) прямая zz' параллельна къ прямой gg' , и 3) всегда существуетъ пропорція $zz' : gg' = bz : ab$. Пусть планочки приняли положеніе $a'x', a'y'$; тогда получится параллелограмъ, въ которомъ $a'z' = az$ и $a'g' = ag$. Соединивъ точку z' съ m и точку g' съ m , получимъ два подобныя треугольника $b'mz'$ и $a'g'z'$; дѣйствительно, по подобію треугольниковъ bmz и agz , имѣемъ $bm : bz = ag : az$; но $b'm = bm$, $b'z' = bz$, $a'g' = ag$ и $a'z' = az$, слѣдовательно $b'm : b'z' = a'g' : a'z'$; далѣе уголъ $mb'z' = \angle g'a'z'$ по параллельности сторонъ $b'd'$ и $a'e'$, а потому треугольники $b'mz'$ и $a'g'z'$ подобны и $\angle b'z'm = \angle a'z'g'$; эти углы имѣютъ общую вершину и стороны ихъ $z'b'$ и $z'a'$ совмѣщаются, слѣдовательно и стороны $z'm$ и $z'g'$ должны совмѣститься. Если $z'mg'$ составляетъ прямую, то треугольники $z'mz'$ и $g'mg'$ подобны по равенству угловъ при точкѣ m и пропорциональности сторонъ, заключающихъ эти углы; ибо будетъ

$$\begin{aligned} mz : mg &= bz : ab \text{ и} \\ mz' : mg' &= b'z' : a'b', \text{ но такъ какъ} \\ b'z' &= bz \text{ и } a'b' = ab, \text{ то} \\ mz' : mg' &= mz : mg. \end{aligned}$$

Изъ подобія этихъ-же треугольниковъ слѣдуетъ, что $\angle mzz' = \angle mgg'$, т. е. прямая zz' параллельна къ прямой gg' , и тогда

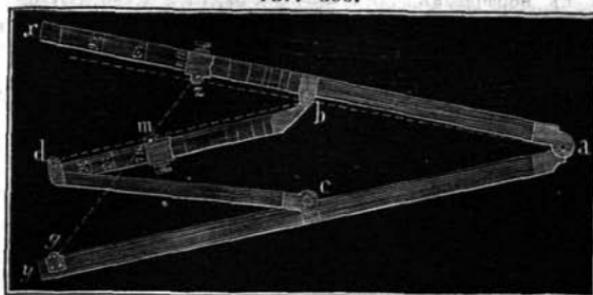
$$zz' : gg' = mz : mg = bz : ab \dots \dots (1)$$

Слѣдовательно, если точка g опишетъ какую-нибудь фигуру, то точка z въ то-же время начертитъ фигуру, подобную первой. Отношеніе между сторонами обѣихъ фигуръ опредѣлится изъ пропорціи (1); напротивъ если дано отношеніе $zz' : gg' = n : 1$, то изъ пропорціи (1) выводится $bz : ab = n : 1$ и $bz = n \cdot ab \dots (2)$. Такъ-же имѣемъ $bm : bz = ag : az$ или

$$bm : n \cdot ab = ag : (n + 1) ab, \text{ откуда } bm = \frac{n}{n + 1} \cdot ag \dots (3)$$

Пантографъ состоитъ (ф. 300) изъ четырехъ планокъ ax, ay, bd, cd ,

Фиг. 300.

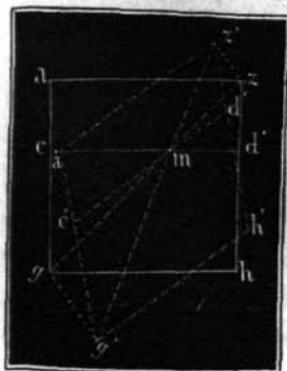


вращающихся около осей a, b, c, d и образующихъ параллелограмъ или ромбъ $abcd$; къ планкѣ au придѣланъ шпинецъ g ; по длинѣ планокъ ax и bd двигаются обхватывающіе параллелошпиды

съ коническими отверстіями z и m . Въ отверстие z вставляется карандашъ, а отверстиемъ m утверждается весь снарядъ на неподвижномъ стержнѣ, служащемъ осью вращенія снаряда; на планкахъ bx и bd означены дѣленія сообразно формуламъ (2) и (3); съ помощію нажимательныхъ винтовъ возможно останавливать параллелошпиды съ отверстіями m и z . Весь снарядъ лежитъ на маленькихъ колесахъ, помѣщенныхъ снизу планокъ. Посредствомъ нити возможно приподымать карандашъ для того, чтобы его остріе не дотронуло бумаги. Если требуется скопировать планъ въ половину оригинала, то $n : 1 = \frac{1}{2} : 1 = 1 : 2$; тогда должно установить параллелошпиды на соответствующихъ дѣленіяхъ и закрѣпить нажимательными винтами. Обводя шпинецкомъ g всѣ контуры оригинала, получимъ требуемую копию на бумагѣ, находящейся подъ карандашемъ z . При $n < 1$ или $n = 1$ всегда $bz < ab$ или $bz = ab$ (въ слѣдствіе формулы 2); при $n > 1$ получимъ $bz > ab$. Такъ какъ $bx = ab$ и bz не можетъ быть болѣе ab , то должно, при увеличеніи оригинала, помѣстить карандашъ въ отверстіи g , а шпинецъ въ отверстіи z .

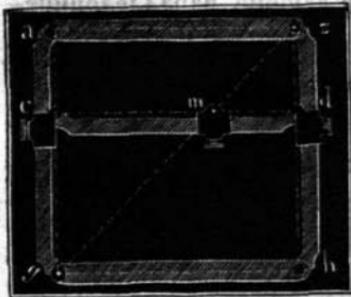
Устройство миланскаго пантографа основывается на слѣдующей теоріи: представимъ себѣ квадратъ $aghz$ (Фиг. 301), въ которомъ проведена прямая cd параллельно къ az . Эта система прямыхъ линий соединена въ точкахъ a, g, c, h, d, z посредствомъ осей; около точки m пересѣченія прямой cd съ діагональю gz вращается вся система такъ, что, по перемѣщеніи точки g въ g' , точка z также измѣнитъ свое положеніе. При этомъ вращеніи должно замѣтить: 1) что при всякомъ положеніи четырехугольника $aghz$ всегда точка z будетъ находиться на продолженіи прямой gm ; 2) что прямая zz' всегда параллельна къ прямой gg' и 3) что всегда существуетъ пропорція $zz' : gg' = mz : mg = dz : dh \dots$ (4), которая выводится по предъидущему. И такъ если въ точкѣ g утверждать шпинецъ и въ z карандашъ, то, обводя шпинецкомъ контуры какой-нибудь фигуры, получимъ, движеніемъ ка-

Фиг. 301.



рандаша, фигуру, находящуюся съ первою въ отношеніи $dz : dh$. Изъ пропорціи $zz' : gg' = n : 1$ слѣдуетъ по пропорціи (4), что $dz : dh = n : 1$ или $dz + dh : dz = n + 1 : n$; но $dz + dh = hz$, слѣдовательно $dz = \frac{n}{n+1} \cdot hz \dots$ (5). По равенству треугольниковъ mdz и ghz имѣемъ $dm = dz$ и $dm = dz = \frac{n}{n+1} \cdot hz \dots$ (6). При $n = 1$ получимъ $dm = dz = \frac{hz}{2}$; при $n = \frac{1}{2}$ имѣемъ $dm = dz = \frac{hz}{3}$ и т. д. На фигурѣ (302)

фиг. 302.



представляетъ пантографъ; планка cd двигается вверхъ и внизъ по планкамъ ag , zh и можетъ быть закрѣплена въ надлежащемъ положеніи нажимательными винтами; параллелопипедъ m , обхватывающій планку cd , двигается вдоль ея длины. Весь снарядъ утверждается отверстіемъ m на неподвижномъ стержнѣ. На планкахъ ag , hz , cd означены дѣленія. Всѣ планки лежатъ на маленькихъ колесахъ. Въ вершинѣ g помѣщается шпинецъ, а въ z карандашъ; отъ g до z натянута нить, посредствомъ которой приподымается карандашъ. До началія работы должно установить параллелопипеды d , m , c сообразно данному отношенію.

При скопировкѣ посредствомъ пантографа, устанавливаютъ его на столѣ; въ столѣ утверждена ось вращенія снаряда. Потомъ начерчиваютъ на оригиналѣ рамку и также на листѣ, назначенномъ для копій. Помѣстивъ оригиналъ подъ шпинецъ и листъ подъ карандашъ, наводятъ шпинецъ на каждую вершину рамки оригинала; при этомъ оконечность карандаша должна упасть на соответствующія вершины рамки листа. По приведеніи оригинала и листа въ надлежащее положеніе закрѣпляютъ оба листа къ столу. Потомъ обводятъ шпинецкомъ всѣ контуры оригинала; тогда на листѣ получится требуемая копія.

Инструменты, называемые микрографами или шторжшнabeлями,

фиг. 303.



отличаются отъ пантографовъ тѣмъ, что точки A , C и D (фиг. 303) дѣлаются постоянными, въ точкахъ G и H бока параллелограмма могутъ измѣняться, а въ точкахъ B и C находятся постоянные шарниры. Отверстія для пропусканія болтовъ дѣлаются на всѣхъ четырехъ линейкахъ AB , BD , CG и CH и означаются цифрами, соответствующими уменьшенію.

ОТДѢЛЪ VI.

НИВЕЛЛИРОВАНИЕ ИЛИ НИВЕЛЛИРОВКА.

§ 126. Опредѣленіе разности высотъ двухъ точекъ земной поверхности есть предметъ *нивеллированія*. Сушность этого дѣйствія состоитъ въ слѣдующемъ: для опредѣленія разности высотъ двухъ точекъ А и В проводятъ умственно горизонтальную линію CD (ф. 304) и, непосредственно измѣривъ вертикальныя разстоянія AC и BD, опре-

фиг. 304.



дѣляютъ разность AC — BD. Эта разность называется также *превышеніемъ точки В надъ А* или *разностью уровней точекъ А и В*. Отсюда слѣдуетъ, что при нивеллировкѣ должно употреблять инструменты такого устройства, посредствомъ которыхъ возможно было-бы опредѣлять съ точностью направленіе горизонтальной линіи; эти инструменты называются вообще *нивеллирами*. Для непосредственнаго измѣренія вертикальныхъ разстояній употребляется снарядъ, называемый *рейкою*.

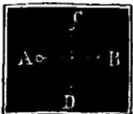
§ 127. Точнѣйшаго устройства нивеллиры должны состоять изъ уровня и зрительной трубы. Лучъ зрѣнія, совмѣщающійся съ оптической осью, опредѣляетъ направленіе прямой линіи; по приведеніи оптической оси посредствомъ уровня въ горизонтальное положеніе, возможно опредѣлить направленіе горизонтальной линіи; въ этомъ и состоитъ назначеніе нивеллирныхъ инструментовъ. Они вообще состоятъ изъ слѣдующихъ частей: зрительной трубы, вкладываемой въ обѣимицы двухъ подставокъ; на поверхности трубы сдѣланы два кольца, удерживающія ее въ данномъ положеніи. Подставки соединены между собою перекладиною, которая въ новѣйшихъ инструментахъ служитъ алидадою для опредѣленія угловъ, составляемыхъ линіями визированія, на горизонтальной плоскости. Алидада вмѣстѣ съ подставками и трубою вращается на вертикальной оси, проходящей чрезъ

центр лимба. Посредствомъ закрѣпительнаго винта прекращается грубое движеніе алидады; вращеніемъ микрометрическаго сообщается ей медленное движеніе. Лимбъ прикрѣпляется къ штативу станочнымъ винтомъ; плоскость его приводится въ горизонтальное положеніе тремя или четырьмя подъемными винтами. Штативъ устроивается на подобіе мензульнаго (§ 46). Одну изъ подставокъ зрительной трубы можно поднимать и опускать, слѣдовательно сообщать одному концу трубы движеніе въ вертикальной плоскости обращеніемъ винта, входящаго своими нарѣзками во внутреннюю поверхность подставки. Назовемъ этотъ винтъ, сообщающій трубѣ и уровню медленное движеніе, *микрометрическимъ винтомъ трубы*; для краткости означимъ его буквою М.

Нивелиры бываютъ двоякаго рода: а) когда зрительная труба наглухо прикрѣплена къ подставкамъ, и б) когда она можетъ быть перекладываема въ обоймицахъ подставокъ. Разсмотримъ повѣрку нивелировъ перваго устройства.

§ 128. а) *Ось уровня должна имѣть положеніе, перпендикулярное къ оси вращенія алидады.* Обращая трубу, пока уровень приметъ положеніе, параллельное къ линіи, проходящей чрезъ два подъемные винта А и В, приводятъ пузырекъ на средину обращеніемъ этихъ винтовъ. Потомъ обращаютъ алидаду на 180° ; если при этомъ положеніи трубы, пузырекъ отошелъ отъ средины, то должно одну половину ея отклоненія уничтожить обращеніемъ подъемныхъ винтовъ А и В, другую половину обращеніемъ винта М и повторять это дѣйствіе до тѣхъ поръ, пока пузырекъ въ обоихъ положеніяхъ трубы постоянно будетъ находиться на срединѣ уровня. Потомъ приводятъ лимбъ въ горизонтальное положеніе; для этого даютъ алидадѣ такое положеніе, чтобы она находилась надъ двумя подъемными винтами А и

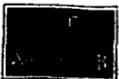
фиг. 305.



В (фиг. 305) и обращеніемъ ихъ приводятъ пузырекъ на средину; потомъ обращаютъ алидаду на 90° , т. е. помещаютъ ее надъ подъемными винтами С и D и съ помощію ихъ приводятъ пузырекъ опять на средину. Это дѣйствіе

повторяется нѣсколько разъ. Если инструментъ имѣетъ три подъемные винта (фиг. 306), то приводятъ сначала пузырекъ на средину

фиг. 306.



обращеніемъ двухъ винтовъ А и В; при этомъ должно ослабить станочной винтъ. Потомъ обращаютъ алидаду на 90° , т. е. приводятъ ее надъ третьимъ подъемнымъ винтомъ С;

съ помощью этого винта пузырекъ опять приводится на средину. Повторивъ это дѣйствіе нѣсколько разъ, закрѣпляютъ становой винтъ.

б) *Поправка слѣтки.* Приведеніе слѣтки въ совмѣщеніе съ плоскостью изображенія объяснено выше (§ 26). Эту поправку всегда должно сдѣлать до употребленія инструмента. По приведеніи лимба въ горизонтальное положеніе, наводятъ трубу на отдаленный предметъ и приводятъ горизонтальную нить слѣтки обращеніемъ винта М съ точностью въ совмѣщеніе съ какою-нибудь точкою Р предмета. Обращая алидаду вправо и влево, замѣчаютъ, будетъ-ли точка Р постоянно покрываема нитью или нѣтъ. Первое служитъ признакомъ горизонтальности этой нити; если-же нить отойдетъ отъ точки Р, то должно обращать внутреннее колѣно съ глазнымъ стекломъ винтиками, между которыми находится зубчатая полоса этого колѣна (§ 25) такъ, чтобы этимъ погрѣшность уничтожилась.

в) *Оптическая ось трубы должна быть параллельна къ оси уровн.* Нивелиръ ставятъ въ точкѣ А (Фиг. 307) и рейку (§ 83) въ В въ отвѣсномъ положеніи; приводятъ пузырекъ на средину обращеніемъ винта М и замѣчаютъ дѣленіе, покрываемое горизонтальною нитью;

Фиг. 307.



измѣряютъ высоту h инструмента, т. е. превышеніе оптической оси (*) надъ точкою А и опредѣляютъ вертикальное разстояніе l между точкою В и замѣченною чертою рейки. Полагая, что лучъ зрѣнія пересѣкаетъ рейку въ точкѣ a , лежащей выше точки b пересѣченія горизонтальной линіи съ рейкою на количество x , получимъ $l - x - h = aB - AC$. Переставивъ рейку въ точку А и нивелиръ въ В

Фиг. 309.



(*) Приставивъ рейку къ зрительной трубѣ у предметнаго стекла, кладутъ треугольникъ abc (Фиг. 309) такъ, чтобы его катетъ ab касался къ верхней поверхности трубы и катетъ bc совмѣстился съ краемъ рейки; отсчитываютъ высоту h катета ab надъ поверхностью земли. Потомъ переставляютъ треугольникъ такъ, чтобы его катетъ $a'b'$ касался къ нижней поверхности трубы и катетъ $b'e'$ совмѣстился съ краемъ рейки. Черта рейки, лежащая на продолженіи $a'b'$, опредѣляетъ высоту h' этого катета надъ поверхностью земли. Полуразность $\frac{h - h'}{2} = x$ опредѣляетъ превышеніе центра предметнаго стекла и слѣдовательно оптической оси надъ точкою А.

фиг. 308.



(фиг. 308), поступаютъ какъ прежде; полагая, что высота инструмента равна h' , полученная высота рейки l' и ошибка этой высоты x , получимъ $BC - Aa = l' - x - h'$. Сумма этихъ двухъ разностей непремѣнно равна нулю, т. е.

$$l + l' - h - h' - 2x = 0; \text{ отсюда } x = \frac{l + l'}{2} - \frac{h + h'}{2}.$$

При $x = 0$, лучъ зрѣнія проходитъ по горизонтальному направленію; при положительной величинѣ x , онъ пересѣкаетъ рейку надъ горизонтальною линіею, а при отрицательномъ x подъ горизонтальною линіею. Поправка этой ошибки производится двоякимъ образомъ: 1) *Приведеніемъ оси уровня въ положеніе, параллельное къ оптической оси.* Обращеніемъ винта М приводятъ пересѣченіе волосковъ въ совмѣщеніе съ точкою b рейки, отстоящею отъ a на $l - x$; тогда лучъ зрѣнія приметъ горизонтальное положеніе. Потомъ приводятъ пузырекъ на средину обращеніемъ повѣрительнаго винтика уровня. Если при точномъ наведеніи линіи визировація на точку b , пузырекъ занимаетъ средину уровня, то упомянутыя оси параллельны между собою. 2) *Приведеніемъ оптической оси въ положеніе, параллельное къ оси уровня.* По приведеніи пузырька на средину, поднимаютъ или опускаютъ сѣтку обращеніемъ ея винтиковъ такъ, чтобы пересѣченіе нитей совмѣстилось съ точкою b . По сдѣланіи упомянутыхъ поправокъ и поѣрокъ, инструментъ можетъ быть употребленъ въ дѣйствіе.

§ 129. Чувствительность уровня должна соразмѣряться съ точностью зрительной трубы. При малой чувствительности уровня, опредѣленіе горизонтальныхъ направленій неточно, хотя зрительная труба имѣетъ надлежащую точность; при значительной чувствительности уровня теряется много времени устанавливаніемъ пузырька на средину; точность опредѣленія горизонтальныхъ направленій при этомъ не увеличивается. Для полученія точнѣйшихъ результатовъ, должно всегда, при производствѣ работъ, надлежащимъ образомъ закрѣплять подъемные и закрѣпительные винты; сверхъ того ножки штатива должны быть твердо установлены для того, чтобы инструментъ не шатался отъ движенія съемщика.

Чтобы узнать, имѣетъ-ли уровень надлежащую чувствительность, наводятъ оптическую ось трубы на рейку по приведеніи пузырька съ помощью винта М на средину уровня. Обращеніемъ этого винта из-

мѣняютъ положеніе пузырька, а потомъ опять приводятъ его на средину. Смотря въ трубу, замѣчаютъ, покрывается-ли пересѣченіе нитей сѣтки ту-же черту дѣленій рейки или нѣтъ; первое служитъ признакомъ надлежащей чувствительности уровня.

§ 130. Точнѣйшіе нивеллиры устроиваются такимъ образомъ, чтобы зрительная труба вынималась изъ обоймицъ подставокъ. Это устройство имѣетъ цѣлью удобнѣйшее приведеніе оси уровня въ положеніе, параллельное къ оптической оси. Зрительная труба лежитъ двумя кольцами въ обоймицахъ и по произволу можетъ быть обращена около оптической оси, не вынимая трубы изъ обоймицъ. Уровень соединяется съ трубою троякимъ образомъ: а) онъ накладывается на кольца зрительной трубы двумя ножками, имѣющими снизу дугообразные вырѣзы (§ 37, фиг. 52); б) онъ привинчивается съ одного конца наглухо къ зрительной трубѣ, а другой его конецъ соединяется съ трубою винтикомъ, посредствомъ котораго ось уровня можетъ приближаться или удаляться отъ трубы; в) онъ привинчивается къ подставкамъ трубы.

Приведеніе алидады въ горизонтальное положеніе производится по предъидущему (§ 128, а), т. е. сначала приводятъ ось уровня въ положеніе, перпендикулярное къ вертикальной оси вращенія.

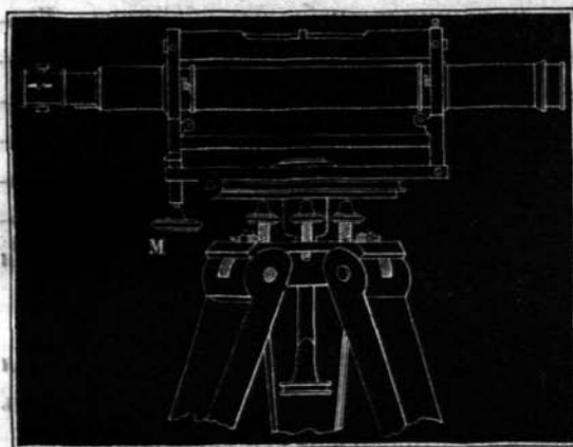
Повѣрка сѣтки. По приведеніи сѣтки (§ 26) въ совмѣщеніе съ плоскостью изображенія предмета, должно производить двѣ слѣдующія повѣрки:

а) Плоскость, проведенная чрезъ горизонтальную нить сѣтки, должна проходить чрезъ центры колецъ зрительной трубы; существованіе этого условія узнается слѣдующимъ образомъ: обращеніемъ винта М, наводятъ горизонтальную нить на какую-нибудь горизонтальную линію мѣстности; не вынимая трубы изъ обоймицъ, обращаютъ ее на 180° около оптической оси такъ, чтобы горизонтальная нить покрыла опять ту-же линію. Но если, по обращеніи трубы, нить не покроетъ замѣченную линію, то должно сѣтку съ помощію ея винтиковъ поднять или опустить на столько, чтобы нить помѣстилась на срединѣ между обоими ея положеніями, т. е. уничтожить погрѣшности сѣтки. Эту поправку должно повторять нѣсколько разъ.

в) Горизонтальное положеніе нити сѣтки узнается по предъидущему.

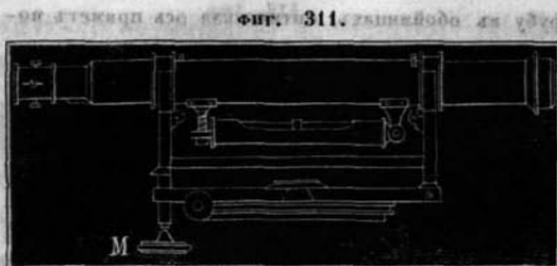
§ 131. Приведеніе геометрической оси въ положеніе параллельное къ оси уровня.

Эта повѣрка, сообразно съ устройствомъ уровня, бываетъ различна, а потому рассмотримъ три случая, при чемъ принимается, что диаметры колецъ зрительной трубы совершенно равны: а) когда трубка уровня накладывается на кольца зрительной трубы (фиг. 310). Приве-



дя пузырекъ уровня обращеніемъ винта М и съ помощью подъемныхъ винтовъ на средину, снимаютъ уровень и переставляютъ его такъ, чтобы правый конецъ а, занять мѣсто лѣваго b, и лѣвый b мѣсто конца а. Если при этомъ положеніи пузырекъ опять займетъ средину, то это служить признакомъ вѣрности уровня,

т. е. его ось параллельна къ геометрической оси трубы. Въ противномъ случаѣ должно уничтожить погрѣшность съ помощью винтика, которымъ одна изъ ножекъ дѣлается по произволу длиннѣе или короче; потомъ для повторенія приводится пузырекъ опять на средину. Эту поправку повторяютъ до тѣхъ поръ, пока пузырекъ постоянно будетъ занимать средину; тогда оптическая ось и линія, проходящая черезъ центры колецъ, примутъ горизонтальное положеніе. При положеніи уровня на зрительной трубѣ весьма часто случается, что его ось не будетъ находиться въ одной вертикальной плоскости съ первоначальнымъ ея положеніемъ; тогда должно передвигать уровень въ горизонтальной плоскости двумя винтиками, помѣщенными на его концахъ. Этими винтиками дѣйствуютъ до тѣхъ поръ, пока пузырекъ не будетъ отходить отъ средины уровня, при отклоненіи его оси отъ первоначальной вертикальной плоскости. б) Когда уровень привинченъ къ зрительной трубѣ (фиг. 311). Обращеніемъ винта М или подъем-

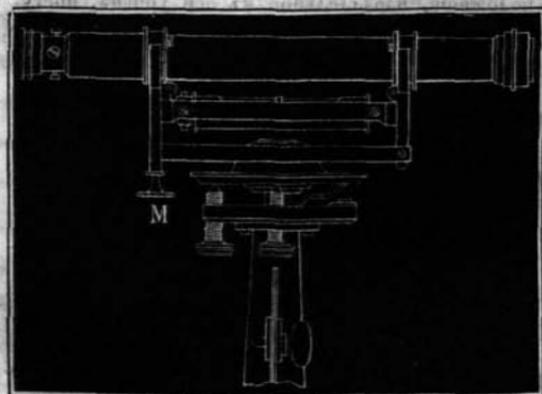


ныхъ винтовъ приводить пузырекъ на средину; потомъ перекладываютъ зрительную трубу противуположными концами такъ, чтобы кольцо, лежавшее въ правой обой-

мицѣ, заняло теперь лѣвую; если при второмъ положеніи трубы, пузырекъ отошелъ отъ средины, то должно погрѣшность уничтожить съ помощію винтика уровня, т. е. приближать или удалять уровень къ геометрической оси трубы. Эту поправку повторяютъ нѣсколько разъ; тогда линія, проходящая чрезъ центры колецъ, слѣдовательно и оптическая ось примутъ положеніе, параллельное къ оси уровня, если сначала эти двѣ линіи приведены въ совмѣщеніе (§ 130, поправка сѣти).

с) Когда уровень прикрѣпленъ къ подставкамъ (Фиг. 312). Приведа пу-

Фиг. 312.



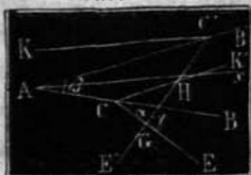
зырекъ обращеніемъ винта М на средину, наводятъ трубу, горизонтальною нитью сѣтки, на какую-нибудь горизонтальную линію мѣстности.

Потомъ перекладываютъ трубу такъ, чтобы предметное стекло было обращено къ наблюдателю; обращая алидаду на 180°, приводятъ пузырекъ винтомъ М опять

на средину и замѣчаютъ, покрываетъ-ли горизонтальная нить ту-же линію мѣстности или нѣтъ. Въ последнемъ случаѣ должно половину погрѣшности уничтожить обращеніемъ винта М; винтикомъ уровня приводятъ пузырекъ на средину. Эту поправку повторяютъ нѣсколько разъ.

Приведеніе оси уровня въ положеніе, параллельное къ оптической оси основывается на равенствѣ диаметровъ колецъ; но если это равенство не существуетъ, то при горизонтальномъ положеніи оси уровня, горизонтальность оптической оси будетъ ошибочна; потому необходимо устранять существованіе этой погрѣшности. Пусть АВ (Фиг. 313) представляетъ положеніе оптической оси и СЕ ось уровня; уголъ ВСЕ, составляемый этими

Фиг. 313.



осями равенъ α . Перекладывая трубу въ обоймицахъ, оптическая ось приметъ положение AB' , составляющее съ ея первымъ положеніемъ AB , уголъ $\angle BAV' = \beta$; при этомъ ось уровня приметъ положение $C'E'$, составляющее съ AB' уголъ $\angle AC'E' = \angle BCE = \alpha$. Ось $C'E'$ отклоняется отъ ея первато положенія CE на уголъ $\angle C'GE = \gamma$. Въ треугольникѣ $C'AN$ уголъ $\angle C'NB = \angle CNE = \angle AC'N + \angle C'AN = \alpha + \beta$; въ треугольникѣ CGH уголъ $\angle C'GE = \angle HCG + \angle CHG = \alpha + \alpha + \beta = 2\alpha + \beta = \gamma$. Если погрѣшность β уничтожится или уголъ $\angle BAV'$ равенъ нулю, то $\gamma = 2\alpha$, т. е. уголъ γ выражаетъ удвоенный уголъ наклоненія осей; если-же уголъ β не равенъ нулю, то уголъ γ наклоненія выражаетъ не только удвоенный уголъ α . При поправкѣ положенія уровня уничтожаютъ половину погрѣшности, т. е. $\alpha + \frac{1}{2}\beta$, хотя для приведенія оси уровня въ положеніе, параллельное къ оптической оси слѣдовало только уничтожить α . Отсюда слѣдуетъ, что уничтожена ошибка, которая болѣе настоящей на $\frac{1}{2}\beta$, и ось уровня послѣ поправки все таки составляетъ съ оптической осью уголъ, равный $\frac{1}{2}\beta$. По переложеніи трубы, пузырекъ не отойдетъ отъ середины, хотя эти оси не параллельны между собою, ибо, по уничтоженіи ошибки $\alpha + \frac{1}{2}\beta$, ось уровня переводится изъ $C'E'$ въ положеніе $C'K$, составляющее съ AB' уголъ $\angle AC'K = \frac{1}{2}\beta$. Переложеніемъ трубы, оптическая ось перейдетъ изъ AB' въ положеніе AB и ось уровня приметъ положеніе SK' , составляющее съ AB уголъ $\angle BSK' = \frac{1}{2}\beta = \angle AC'K$; слѣдовательно прямая SK' и $C'K$ параллельны къ прямой Ax , разделяющей уголъ $\angle BAV' = \beta$ пополамъ, и слѣдовательно пузырекъ въ обоихъ положеніяхъ трубы занимаетъ средину. Для приведенія оптической оси въ положеніе, параллельное къ оси уровня, поступаютъ точно такъ, какъ объяснено (§ 128, с).

Если величина x , получаемая изъ уравненія

$$x = \frac{l + l'}{2} - \frac{h + h'}{2},$$

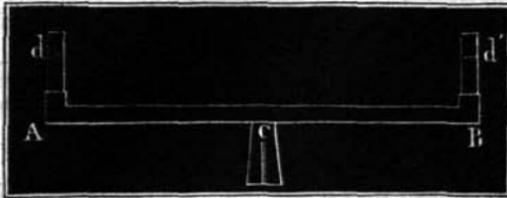
положительная, то должно горизонтальную нить опустить такъ, чтобы лучъ зрѣнія пересѣкалъ черту рейки, лежащую подъ чертою a (ф. 308) на разстояніи x ; при отрицательной величинѣ x должно винтиками поднять горизонтальную нить, чтобы она пересѣкала черту, находящуюся надъ a на разстояніи x .

§ 132. Не всегда имѣется подъ рукою нивеллиръ, дающій точнѣйшіе результаты; иногда необходимость заставляетъ употреблять менѣе точные инструменты, или-же самое нивелированіе не требуетъ большой точности. Употребительнѣйшіе и удобнѣйшіе изъ нихъ суть:

а) *ватерпасъ* (§ 35).

б) *водяной уровень*; онъ состоитъ изъ жестяной трубки (фиг. 314), длиною отъ 2 до 4 футовъ и въ діаметрѣ около дюйма; трубка утвер-

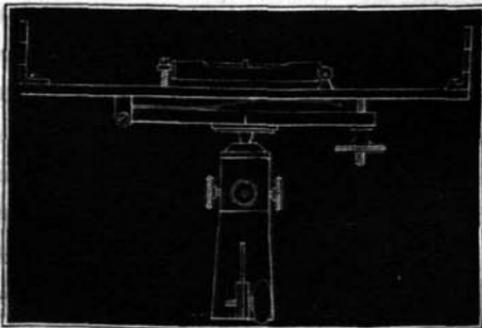
фиг. 314.



ждается на легкомъ штативѣ. Въ концахъ трубы, загнутыхъ подъ прямыми углами, вставляются стеклянные цилиндры. Въ трубу наливается жидкость; верхнія поверхности d, d' жидкости всегда находятся въ одной горизонтальной плоскости; лучъ зрѣнія, проходящій чрезъ точки d и d' верхней поверхности жидкости и касательный къ цилиндрамъ, приметъ горизонтальное направление. Водяной уровень весьма неточный инструментъ; однако если подкрасить налитую воду и къ нему приспособить два діоптра, то онъ во многихъ случаяхъ употребляется съ удобствомъ. Погрѣшность, встрѣчающаяся при дѣйствіи этимъ инструментомъ, будетъ тѣмъ менѣе, чѣмъ болѣе длина жестяной трубы;

с) швелльръ съ діоптрами (фиг. 315) состоитъ изъ деревяннаго бруска, длиною отъ 1 до $1\frac{2}{3}$ фута, утвержденного на штативѣ; по-

фиг. 315.



верхность бруска приводится въ горизонтальное положеніе посредствомъ уровня, помѣщеннаго на немъ. Къ концамъ бруска прикрѣплены два діоптра въ положеніи, перпендикулярномъ къ его поверхности.

§ 133. Извѣстно уже, что рейка служитъ для измѣренія

вертикальныхъ разстояній; она состоитъ изъ деревяннаго бруска, длиною отъ 1 до 2 сажень, на которомъ означены футы, дюймы и линіи (фиг. 160). Для опредѣленія точнѣйшихъ величинъ употребляется *цѣль*, т. е. дощечка,двигающаяся вдоль по длинѣ рейки. Цѣль дѣлается изъ дерева или жести, длиною около фута и шириною отъ 4 до 6 дюймовъ; одна ея половина окрашивается бѣлою, а другая черною краскою (фиг. 316). По болѣеи части употребляютъ рейки, состоя-

фиг. 316.



ція изъ двухъ брусковъ : одинъ двигающійся въ пазу другаго ; неподвижный брусокъ дѣлается длиною ровно въ сажень и на передней его поверхности означаются футы, дюймы и линія снизу отъ 0 до 7 футовъ. На передней поверхности подвижнаго бруса , дѣлаемаго длиною 2 и 3 дюймами болѣе сажени, расположены дѣленія сверху отъ 7 до 14 футовъ.

Штамперъ, профессоръ при политехническомъ институтѣ въ Вѣнѣ, предлагаетъ рейку , къ цѣли которой придѣланъ верньеръ для опредѣленія мельчайшихъ частей высотъ ; его рейка имѣетъ двѣ цѣли, дѣлаемая въ видѣ круговъ и окрашенная бѣлою и черною красками. При нивелированіи, не требующемъ большой точности , употребляется рейка безъ цѣли (фиг. 160) ; на ней означены футы цифрами , поставленными въ обратномъ видѣ , а дюймы покрываются чрезъ одинъ бѣлою и черною красками.

§ 134. Раземотримъ двоякій способъ опредѣленія разности уровней двухъ точекъ А и В, когда изъ А возможно визировать на В.

а) Изъ конца стациіи. Въ точкѣ А (фиг. 317) ставятъ нивелиръ и приводятъ его оптическую ось въ горизонтальное положеніе обращеніемъ винта М ;



помощникъ нивелирующаго ставитъ въ это время въ точкѣ

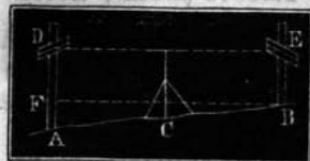
В рейку въ отвѣсномъ положеніи. Поведа трубу нивелира на рейку , нивелирующій заставляетъ помощника поднимать или опускать цѣль до тѣхъ поръ, пока горизонтальная нить сѣтки кажется покрывающею черту цѣли. Закрѣпивъ цѣль винтикомъ въ этомъ положеніи, замѣчаютъ число дѣленій, помѣстившееся между концемъ рейки и чертою цѣли ; пусть это вертикальное разстояніе равно a . Потомъ измѣряютъ высоту инструмента, т. е. отвѣсное разстояніе b между А и оптической осью ; разность $AE = AC - BD = b - a$ опредѣлитъ превышеніе точки В надъ А. Въ такомъ случаѣ говорятъ :

В нивелирующей заставляетъ помощника поднимать или опускать цѣль до тѣхъ поръ, пока горизонтальная нить сѣтки кажется покрывающею черту цѣли. Закрѣпивъ цѣль винтикомъ въ этомъ положеніи, замѣчаютъ число дѣленій, помѣстившееся между концемъ рейки и чертою цѣли ; пусть это вертикальное разстояніе равно a . Потомъ измѣряютъ высоту инструмента, т. е. отвѣсное разстояніе b между А и оптической осью ; разность $AE = AC - BD = b - a$ опредѣлитъ превышеніе точки В надъ А. Въ такомъ случаѣ говорятъ :

линія АВ возвышается отъ А къ точкѣ В. Если разность $b - a$ отрицательная, то точка А выше В и линія АВ имѣетъ *паденіе*, равное разности $b - a$. Если разность $b - a$ равна нулю, то точки А и В находятся въ *одномъ уровнѣ*.

в) Изъ середины между данными точками. Въ точкѣ С (фиг. 318), находящейся на серединѣ между данными А и В, ставятъ инструментъ,

фиг. 318.

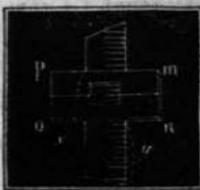


приводятъ оптическую ось его трубы въ горизонтальное положеніе и наводятъ ее на рейку, поставленную отвѣсно въ точкѣ А; по предыдущему опредѣлится высота $AD = b$ рейки. Потомъ переносятъ рейку въ точку В.

трубу обращаютъ на 180° такъ, чтобы продолженіе ея оптической оси пересѣкло рейку; въ точкѣ В опредѣляютъ высоту $BE = a$ рейки. Разность $AF = AD - BE = b - a$ опредѣлитъ разность уровней точекъ А и В. Очевидно, что нѣтъ надобности, чтобы точка С находилась въ одной вертикальной плоскости съ точками А и В.

Если вертикальное разстояніе, измѣренное на рейкѣ не болѣе сажени, то передвигаютъ цѣль вдоль по длинѣ рейки; если-же это разстояніе болѣе сажени, то должно цѣль закрѣпить къ верхнему концу подвижнаго бруса рейки (фиг. 316) и выдвигать этотъ брусъ на столько, чтобы черта цѣли пришлась въ горизонтальную плоскость, проходящую чрезъ оптическую ось. Тогда искомая высота АВ рейки равна $AD + DB$, гдѣ AD представляетъ длину неподвижнаго бруса, т. е. 1 сажень, а BD число дѣленій, помѣстившееся между чертою цѣли и верхнимъ концемъ D. Положимъ для примѣра, что край D покрываетъ черту, соответствующую 5-му дюйму 11-го фута; тогда $AB = 7 \text{ ф.} + 3 \text{ ф.} + 5 \text{ д.} = 10 \text{ ф.} 5 \text{ д.}$ Для точнѣйшаго опредѣленія дѣленія рейки, покрываемаго чертою цѣли, вырѣзано въ дощечкѣ цѣли квадратное отверстіе (фиг. 319). Зная ширину m цѣли, возможно также опредѣлить измѣряемую высоту по дѣленію рейки,

фиг. 319.

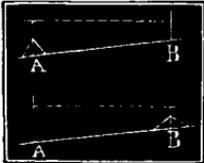


покрываемому верхнимъ краемъ np цѣли; изъ этой полученной высоты x надлежитъ вычесть $\frac{1}{2} m$; если высота опредѣлится по нижнему краю oq , то должно къ полученной высотѣ y прибавить $\frac{1}{2} m$. При употребленіи рейки, не имѣющей цѣли, нивелирующій замѣчаетъ самъ черту рейки, покрываемую го-

ризонтальною нитью.

Если при нивелировании изъ конца станція, разность уровней опредѣляется установкою инструмента въ обѣихъ данныхъ точкахъ, то это дѣйствіе служить повѣркою полученнаго результата; такъ на примѣръ, положимъ, что въ точкѣ А (фиг. 320) высота инструмента равна b и въ точкѣ В высота рейки будетъ a ; тогда $b - a$ выражаетъ

фиг. 320.



разность уровней. Поставивъ инструментъ въ точкѣ В, получимъ его высоту b' ; высота рейки, поставленной въ точкѣ А, равна a' и разность уровней будетъ $b' - a'$. Если полученные разности не равны между собою, то должно, для получения болѣе точнаго результата, взять между ними среднюю арифметическую величину.

Разность уровней. Поставивъ инструментъ въ точкѣ В, получимъ его высоту b' ; высота рейки, поставленной въ точкѣ А, равна a' и разность уровней будетъ $b' - a'$. Если полученные разности не равны между собою, то должно, для получения болѣе точнаго результата, взять между ними среднюю арифметическую величину.

§ 135. При опредѣленіи разности уровней принимаются вертикальныя разстоянія a и b за прямыя параллельныя между собою; это предположеніе имѣетъ мѣсто только при малыхъ разстояніяхъ между данными точками. Если-же разстояніе АВ значительно, то вертикальныя линіи, проходящія чрезъ точки А и В земной поверхности, представить продолженныя радіусы земнаго шара, пересѣкающіеся въ его центрѣ. Точка В (фиг. 321) лежитъ съ точкою А собственно только тогда на одномъ уровнѣ, когда ихъ разстоянія АО и ВО отъ центра земли равны между собою. Если-же разстояніе СО болѣе ВО, то разность уровней равна $СО - ВО$; слѣдовательно для опредѣленія превышенія точки С надъ В, надлежитъ себѣ представить

фиг. 321.



окружность круга, проходящую чрезъ В, описанную изъ центра О земли, и находящуюся въ одной вертикальной плоскости съ точкою С. Эта окружность будетъ уровень точки В; касательная ВD, проведенная чрезъ точку В, будетъ линія визирования на рейку, или *видимый горизонтъ*. Нивелирами возможно опредѣлить только видимые горизонты; но разность уровней двухъ точекъ опредѣлится разностью разстояній EO и ВО уровней отъ центра О, а не разностью DO - ВО; слѣдовательно остается опредѣлить вліяніе

фиг. 322.



фигуры земной поверхности, выражающее разность между уровнемъ и линіею визирования, и называющееся вліяніемъ отъ *сферическаго вида земли*. Проведа чрезъ точку В касательную ВD (фиг. 322) и чрезъ оптическую ось трубы прямую СD', параллельную къ ВD, замѣчаемъ точку D' на рейкѣ, поставленной отвѣсно въ точкѣ С; тогда разность CD' - BC' опредѣлитъ искомую разность уровней. Очевидно, что эта разность болѣе разности уровней данныхъ точекъ количествомъ ED'. Остается теперь опредѣлить погрѣшность ED' = x ; означимъ радіусъ OC' = OE чрезъ R и СВ чрезъ d ;

тогда будетъ $OD' = R + x$, а изъ треугольника OC'D' получимъ $OD' = \frac{OC'}{\cos \alpha}$, гдѣ уголъ $\alpha = \text{ВОС}$ извѣстенъ, потому-что онъ измѣряется дугою СВ = d ; вмѣсто $\cos \alpha$

подставимъ $1 - \frac{\alpha^2}{2} + \frac{\alpha^4}{24}$; тогда

$$OD' = \frac{OC'}{1 - \frac{\alpha^2}{2} + \frac{\alpha^4}{24}} = OC' \left(1 + \frac{\alpha^2}{2} + \frac{3\alpha^4}{24} \right); \text{ но } \alpha = \frac{d}{R};$$

слѣдовательно $OD' = OC' \left(1 + \frac{d^2}{2R^2} + \frac{5d^4}{24R^4} \right)$.

Такъ какъ $OD' = R + CE + ED'$ и $OC' = R + BC'$, то $R + CE + ED' = R + \frac{d^2}{2R} + \frac{5d^4}{24R^2} + BC' + BC' \left(\frac{d^2}{2R^2} + \frac{5d^4}{24R^4} \right)$; сокративъ и отбросивъ малыя величины $\frac{5d^4}{24R^2}$ и

$BC' \left(\frac{d^2}{2R^2} + \frac{5d^4}{24R^4} \right)$, получимъ $x = ED' = \frac{d^2}{2R}$. Если видимая высота рейки равна l ,

то истинная будетъ $l - x = l - \frac{d^2}{2R}$. Означая высоту нивелира чрезъ h , получимъ

видимую разность уровней $h - l$, а истинную $h - (l - x) = h - l + \frac{d^2}{2R}$; примемъ

за правило вычитать, при опредѣленіи видимой разности уровней, высоту рейки изъ

высоты инструмента. Означая разность $h - l$ чрезъ H , а истинную разность

$h - l + x$ чрезъ H' , получимъ $H' = H + \frac{d^2}{2R}$; т. е. должно къ видимой разности

уровней придать поправку отъ сферическаго вида земли. Если поправка менѣе 0,1 дюйм.,

то ея пренебрегаютъ, т. е. ее не вводятъ въ вычисления. Рассмотримъ какому раз-

стоянію между данными точками соответствуетъ погрѣшность въ 0,1 д.; по предъ-

идущей формулѣ имѣемъ $0,1 \text{ д.} = x = \frac{d^2}{2R}$ или $0,1 \text{ д.} = \frac{d^2}{5967692 \text{ с.}}$ (*), откуда $d^2 =$

$5967692 \cdot \frac{1}{840}$ и слѣдовательно $d = \sqrt{\frac{5967692}{840}} = \sqrt{7104} = 84$ сажень. И такъ если

разстояніе между данными точками менѣе 84 сажень, то нѣтъ надобности обращать

вниманіе на погрѣшность отъ сферическаго вида земли; при разстояніи, большемъ

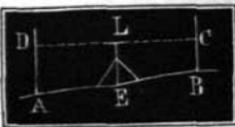
84 сажень, должно ее вводить въ вычисления. Пусть разстояніе $BC = 150$ сажень, $h = 4$ фут. + 5 дюйм. и $l = 6$ фут. + 9 дюйм.; полагая, что радиусъ земли равенъ

5967,692 верст., получимъ $x = \frac{(150)^2}{2 \cdot 5967,692 \cdot 500} = \frac{22500}{5967692} \text{ саж.} = \frac{22500 \cdot 84}{5967692} \text{ дюйм.} =$

0,317 дюйм.; слѣдовательно $H' = 4$ фут. 5 дюйм. — 6 фут. 9 дюйм. + 0,317 дюймамъ

$= - 2$ фут. 3,68 дюймамъ.

Поправка вліянія отъ сферическаго вида земли дѣлается только при нивелированіи изъ конца станціи; при нивелированіи изъ середины эта погрѣшность сама собою уничтожится, такъ на примѣръ, если высота EL (фиг. 323) инструмента равна h , высота AD рейки равна l и $BC = l'$, то разность уровней точекъ A и E равна $l - h - x$, гдѣ x означаетъ вліяніе отъ сферическаго вида земли; разность уровней точекъ B и E равна $h - l' + x$; здѣсь погрѣшность x равна погрѣшности, полученной при опредѣленіи разности $AD - EL$, потому-что разстоянія AE и BE равны между собою (собственно говоря горизонтальныя



фиг. 323.

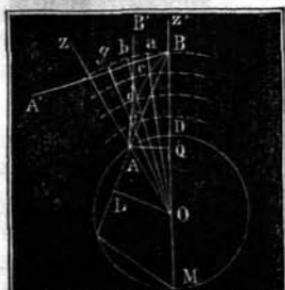
323) инструмента равна h , высота AD рейки равна l и $BC = l'$, то разность уровней точекъ A и E равна $l - h - x$, гдѣ x означаетъ вліяніе отъ сферическаго вида земли; разность уровней точекъ B и E равна $h - l' + x$; здѣсь погрѣшность x равна погрѣшности, полученной при опредѣленіи разности $AD - EL$, потому-что разстоянія AE и BE равны между собою (собственно говоря горизонтальныя

(*) Примемъ радиусъ R земли равнымъ 5967,692 верстаемъ.

расстояния DL и LC равны). Сумма этих разностей $l - h - x + h - l' + x = l - l'$ определяет разность уровней точек A и B.

Определяя по предыдущему (§ 134) разность уровней из обоих концов станции, при точках A и B, получим $H = l - h - x$ и $H = h' - l' + x$; сложив эти результаты, имеем $2H = (l - h) + (h' - l')$, откуда $H = \frac{(l - h) + (h' - l')}{2}$. Отсюда видно, что и при этом способе нивелирования уничтожается погрешность x сама собою.

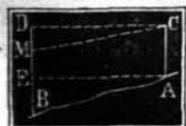
§ 136. Определенная разность уровней двух данных точек из конца станции
фиг. 324.



подлежит еще поправке от другой погрешности, влияние которой теперь рассмотрим. Слои атмосферного воздуха имеют тем меньшую плотность, чем более они удалены от поверхности земли; следовательно луч света, исходящий из точки B до A (фиг. 324) и переходящий из рыхчайших слоев воздуха в более плотные, уклоняется от прямолинейного направления. Для объяснения этого, представим себе атмосферу, разсеченную на безконечное число слоев шаровыми поверхностями, описанными из центра O. Плотность воздуха уменьшается постепенно от точки D до B; но для краткости по-

ложим, что воздух, содержащийся в каждом слое имеет одинакую плотность. Луч, исходящий из B, не преломляется в верхнем слое, но достигая точки c, он несколько отойдет от линии Bc; при этом угол dcO , называемый углом преломления меньше угла acB падения, потому что луч переходит из менее плотного слоя в другой, более плотный. Такому же преломлению подвергается луч при точках d, f, \dots ; отсюда видно, что путь, по которому следует луч, состоит из безконечного числа весьма малых прямых линий, составляющих кривую BA, обращенную своею вогнутостью к земной поверхности. Наблюдатель, находящийся в точке A, увидит предмет B по направлению касательной AB' , проведенной чрез A к кривой $AfcdB$; следовательно от преломления лучей, предметы кажутся находящимися выше. Проведи прямую AB, получим угол BAB' , называемый *земною рефракциею* и показывающий на сколько точка B кажется находящеюся выше. Остается определить величину рефракции или угол BAB' . Опытами доказывается, что рефракция составляет постоянную часть угла AOB, заключенного между радиусами, проходящими чрез точки A и B; именно найдено, что угол $BAB' = 0,08 \cdot AOB$. Если расстояние AD равно 120 саженьям, то $\tan AOB = \frac{120}{2983846}$ (потому что радиус АО земли равен 5967,692 верст. = 2983846 саж.). По вычислениям получим $\angle AOB = 8,3''$, а рефракция $BAB' = 0,08 \cdot 8,3'' = 0,66''$. Следовательно вертикальный угол, измеренный при точке A, подлежит уменьшению на $0,66''$.

§ 137. Рассмотрим теперь влияние рефракции на определение разности уровней.
фиг. 325.



Если цѣль рейки находится в точкѣ M (фиг. 325), то наблюдателю она кажется находящеюся выше, в точкѣ D, а потому получим вмѣсто BD высоту BM; следовательно высота рейки будетъ вѣскольکو меньше подлежащаго. Для опредѣленія погрѣшности DM положимъ, что расстояние $CD = d$, радиусъ земли равенъ R, уголъ, составляемый земными радиусами, проходящими чрезъ A и B, равенъ α ; тогда ре-

Фракція $DCM = 0,08 \alpha$ и $DM = DC$. $\text{tang } DCM = 0,08 \alpha$, d , потому-что малый угол DCM может замѣнить его тангенсъ. Выражая α въ частяхъ радіуса, получимъ $\alpha = \frac{d}{R}$, и слѣдовательно $DM = 0,08 \frac{d^2}{R}$; эту величину DM должно прибавить къ

видимой высотѣ l рейки, чтобы получить истинную высоту l' . Поправка отъ рефракціи гораздо менѣ поправки отъ сферическаго вида земли. Обѣ поправки можно выразить одною формулою: $l' = l - \frac{d^2}{2R} + \frac{0,08 d^2}{R} = l - (\frac{1}{2} - 0,08) \frac{d^2}{R} = l - 0,42 \frac{d^2}{R}$. По-

правка отъ рефракціи дѣлается тогда, когда нивелированіе производится изъ конца станціи; при нивелированіи изъ середины она сама собою уничтожается. Рѣдко встрѣчается поправить разность уровней отъ вліянія рефракціи; вообще должно избѣгать значительныя разстоянія для того, чтобы не вводить эту поправку. Если-же необходимость заставляетъ обращать на нее вниманіе, то не должно избирать для наблюдений тѣ моменты времени, когда плотность воздуха значительно измѣняется.

§ 138. Кромѣ двухъ разсмотрѣнныхъ погрѣшностей существуетъ еще слѣдующая, происходящая отъ несовершенства инструментовъ или нашихъ чувствъ; она состоитъ въ неточномъ опредѣленіи горизонтальнаго направленія. Положимъ, что CD (фиг. 325) представляетъ горизонтальную линію, и CM линію, опредѣленную оптичекою осью зрительной трубы; тогда получимъ DM вмѣсто высоты DM . Означимъ уголъ DCM наклопенія, который всегда весьма малъ и выражается только въ секундахъ, чрезъ α , и разстояніе CD чрезъ d ; тогда получимъ $DM = d \cdot \alpha$. $\text{Sin } 1''$. Погрѣшность DM называется *неизбѣжною погрѣшностью* инструмента; пусть $\alpha = 1' = 60''$ и $d = 100$ саженьямъ; получимъ $DM = 2,44$ линій. Въ хорошо устроенныхъ нивелирахъ уголъ α наклопенія долженъ заключать нѣсколько только секундъ. При нивелированіи изъ середины и эта погрѣшность уничтожается. Наконецъ получится ошибка отъ наклонной установки рейки; положимъ, что AE (фиг. 326) представляетъ рейку въ наклон-

фиг. 326.



номъ положеніи и BC инструментъ; по введеніи горизонтальнаго луча CE зрѣнія, получимъ ошибочную высоту AE рейки. Проведя DE , получится треугольникъ ADE , прямоугольный при D , потому-что отвѣсная линія AD перпендикулярна къ горизонтальной плоскости DCE . Означивъ высоту AE чрезъ l , AD чрезъ l' и уголъ DAE наклопенія чрезъ β , получимъ $l' = l \cdot \text{Cos } \beta$ и слѣдовательно $l - l' = l - l \cdot \text{Cos } \beta = l(1 - \text{Cos } \beta) = 2l \cdot \text{Sin}^2 \frac{1}{2} \beta$; но уголъ β вообще бываетъ весьма малъ, а потому можно положить $\text{Sin } \frac{1}{2} \beta = \frac{1}{2} \beta$. $\text{Sin } 1''$; слѣдовательно $l - l' = \frac{1}{2} l \cdot \beta^2 \cdot \text{Sin}^2 1''$. При $\beta = 5^\circ = 18000''$, получимъ $l - l' = 0,00381 \cdot l$ и при $l = 10$ футамъ, будетъ $l - l' = 5,43$ линіямъ.

§ 139 Микрометрической винтъ M зрительной трубы приспособленъ Штампферомъ (§ 133) къ опредѣленію угловъ наклопенія линій; для этого винтовыя нарѣзки должны быть сдѣланы съ величайшею точностью; посредствомъ пружины предохраняется винтъ отъ мертваго хода (§ 12). Посредствомъ нарѣзокъ, сдѣланныхъ на

*) Ибо $\text{Sin } \frac{1}{2} \beta = \sqrt{\frac{1 - \text{Cos } \beta}{2}}$.

шляпкѣ винта М (фиг. 327), возможно опредѣлить цѣлые обороты и мелчайшія части, на примѣръ тысячныя доли оборота (§ 9). Съ удобствомъ употребляется нивеллиръ такого устройства въ тѣхъ случаяхъ, когда между данными точками находится столь значительная покатость, что линія визированія, не достигая рейки, пересѣчетъ землю или пройдетъ выше рейки. При нивелированіи этимъ инструментомъ, употребляется рейка съ двумя цѣлями; разстояніе между ними должно быть постоянное и равное отъ 6 до 8 фут. Положимъ, что АВ (фиг. 328) представляетъ инструментъ, CD рейку съ цѣлями Е и F. Приведа инструментъ подъемными винтами въ горизонтальное положеніе, наводятъ трубу на рейку, поставленную въ точкѣ С и приводятъ оптическую ось съ точностью въ горизонтальное положеніе обращеніемъ винта М; замѣчаютъ положеніе индекса шляпки винта, т. е. число оборотовъ и частей оборота, показываемое индексомъ; пусть винтъ сдѣлалъ α оборотовъ. Обращеніемъ винта М наводятъ оптическую ось на верхнюю цѣль Е и замѣчаютъ показаніе β индекса. Очевидно, что для описанія угла GBE оптической осью, надлежало винтомъ сдѣлать $\alpha - \beta$ оборотовъ. Потомъ наводятъ трубу на нижнюю цѣль F и замѣчаютъ показаніе γ индекса; слѣдовательно, для составленія угла EBF, сдѣлано $\beta - \gamma$ оборотовъ и для угла GBF винтъ совершилъ $\alpha - \gamma$ оборотовъ. Эти углы содержатся между собою, какъ соотвѣтствующія имъ числа $\alpha - \beta, \beta - \gamma, \alpha - \gamma$ оборотовъ. Такъ какъ эти углы весьма малы, то ихъ тангенсы GF и GE относятся между собою, какъ и самые углы или какъ числа оборотовъ винта, а именно :



фиг. 327.

фиг. 328.

фиг. 328.

Где $GF : EF = \angle GBF : \angle EBF$ или $GF : EF = \alpha - \gamma : \beta - \gamma$; откуда $GF = \frac{\alpha - \gamma}{\beta - \gamma} \cdot a$, гдѣ $EF = a$. Прибавляя часть $CF = b$ къ высотѣ GF, получимъ высоту $CG = \frac{\alpha - \gamma}{\beta - \gamma} \cdot a + b$. Вычитая изъ CG высоту $AB = p$ инструмента, получимъ разность $CG - AB$ уровней данныхъ точекъ, именно $CG - AB = \frac{\alpha - \gamma}{\beta - \gamma} \cdot a + b - p$.

Где $GF : EF = \angle GBF : \angle EBF$ или $GF : EF = \alpha - \gamma : \beta - \gamma$; откуда $GF = \frac{\alpha - \gamma}{\beta - \gamma} \cdot a$, гдѣ $EF = a$. Прибавляя часть $CF = b$ къ высотѣ GF, получимъ высоту $CG = \frac{\alpha - \gamma}{\beta - \gamma} \cdot a + b$. Вычитая изъ CG высоту $AB = p$ инструмента, получимъ разность $CG - AB$ уровней данныхъ точекъ, именно $CG - AB = \frac{\alpha - \gamma}{\beta - \gamma} \cdot a + b - p$.

Примѣръ. Для приведенія оптической оси въ горизонтальное по-
ложеніе сдѣлано $\alpha = 11,148$ оборотовъ, при наведеніи трубы на верх-
нюю цѣль 21,252 оборотъ и на нижнюю 6,019 оборотовъ; разстояніе

a между цѣлями равно 6 футамъ, $CF = b = 1\frac{1}{2}$ фут. и $AB = 4$ фут.

8 дюйм.; тогда $\left(\frac{\alpha - \gamma}{\beta - \gamma} \cdot a + b\right) - p = \left(\frac{11,148 - 6,019}{21,252 - 6,019} \cdot 6\right) + 1\frac{1}{2}$

$= 4\frac{2}{3} = -1$ фут., 1,76 дюйм.

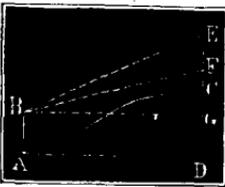
Положимъ, что точка A ниже точки C ; при приведеніи оптиче-
ской оси въ горизонтальное положеніе сдѣлано $\alpha = 11,148$ оборотовъ,
при наведеніи трубы на верхнюю цѣль $\beta = 21,252$ и на нижнюю
 $\gamma = 20,019$; тогда будетъ $EF : GF = \angle EBF : \angle GBF = \beta - \gamma :$

$\alpha - \gamma = 1,233 : -8,871$; откуда $GF = \frac{-8,871}{1,233} \cdot a = -7,195.6$

$= -43,17$ фута. Для опредѣленія разности уровней точекъ A и C

(Фиг. 329) требуется найти разстояніе CD ; но $CD = FG + GD - FC$
 $= FG - b + a = 6 \text{ ф.} - (43,17 + 1) = -38,17 \text{ ф.}$ Изъ этого слѣ-

фиг. 329.



дуетъ, что по способу Штампфера возможно опре-

дѣлять большія величины разности уровней; но какъ

при этомъ разстоянія между данными точками бы-

ваютъ значительны, то необходимо вводить поправ-

ки отъ сферическаго вида земли и рефракціи; а для

этого должно опредѣлять горизонтальное разстояніе

между данными точками. При нивелированіи обыкновенными ин-

струментами оно опредѣляется непосредственнымъ измѣреніемъ цѣпью;

при употребленіи нивелира Штампфера это разстояніе можетъ быть

найдено съ большею точностью, нежели измѣреніемъ цѣпью. Означая

искомое разстояніе BG чрезъ x , получимъ (Ф. 329) $GF = x \cdot \text{tang } GBF$

и $GE = x \cdot \text{tang } GBE$; слѣдовательно $EF = a = x \cdot (\text{tang } GBE -$

$\text{tang } GBF) = x \cdot \frac{\text{Sin } (GBE - GBF)}{\text{Cos } GBF \cdot \text{Cos } GBE}$; но такъ какъ углы GBF и GBE

очень малы, то ихъ косинусы можно принять равными единицѣ; а

потому $EF = x \cdot \text{Sin } (GBE - GBF)$; откуда $x = \frac{a}{\text{Sin } (GBE - GBF)}$. Зна-

менатель $\text{Sin } (GBE - GBF)$ можно принять пропорціональнымъ разности

$GBE - GBF = \angle EBF$ или числу оборотовъ $\beta - \gamma$. Означая уголь, образуе-

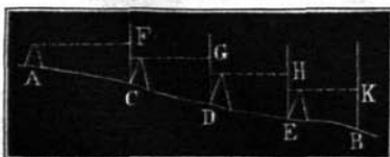
мый однимъ оборотомъ винта чрезъ g , получимъ для величины угла $EBF = g(\beta - \gamma)$ и слѣдовательно $x = \frac{a}{g(\beta - \gamma)}$. Для опредѣленія постояннаго множителя g , должно измѣрить цѣпью какое-нибудь разстояние d и опредѣлить величину угла g въ разныхъ мѣстахъ винта M ; тогда уголъ g получится изъ уравненія $g = \frac{a}{d(\beta - \gamma)}$. Повторивъ это дѣйствіе нѣсколько разъ для отысканія средней арифметической величины k между найденными g , получимъ $x = \frac{a}{k(g - \beta)}$; при $a = 1$,

коэффициентъ $\frac{a}{k} = 324$ для нивелировъ, изготовляемыхъ въ Вѣнѣ. Отъ вліянія сферическаго вила земли и рефракціи высота $EF = a$ получится менѣе настоящаго, слѣдовательно уголъ EBF и число оборотовъ $\beta - \gamma$ получатся меньшими. При разстояніи x , обѣ поправки равны $0,4347 \frac{x^2}{R}$; но такъ какъ $x = \frac{a}{k(\beta - \gamma)}$, то $0,4347 \frac{x^2}{R} = \frac{0,4347 a^2}{R \cdot k^2 \cdot (\beta - \gamma)^2}$, т. е. поправкѣ, которую должно приложить къ опредѣленному разстоянію x . При $\beta - \gamma = 1,233$, $a = 6$ футамъ получимъ $x = 1576,6$.

§ 140. Нивелированіе, произведенное изъ одной точки стоянія инструмента, называется *простымъ*; оно производится, по неточности визированія, только при незначительномъ разстояніи между данными точками. Для опредѣленія разности уровней весьма отдаленныхъ точекъ, производятъ между ними нѣсколько простыхъ нивелировокъ, составляющихъ сложное нивелированіе.

Для опредѣленія разности уровней отдаленныхъ точекъ A и B можно поступать двоякимъ образомъ: а) производить простыя нивелировки между точками A и C , C и D ... (ф. 330) изъ концевъ станціи (§ 134, а); именно поставивъ инструментъ въ точкѣ A , наводятъ его

фиг. 330.

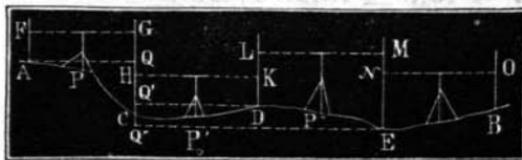


трубу, приведенную въ горизонтальное положеніе, на рейку, поставленную въ точкѣ C , и опредѣляютъ высоту $CF = a$; означивъ высоту инструмента чрезъ b , получимъ $b - a = -c$ разность уровней точекъ A и C . Поставивъ инструментъ въ точкѣ C и рейку въ D , опредѣлимъ $b' - a' = -c'$, разность уровней точекъ C и D ; такимъ-же образомъ получимъ $b'' - a'' = -c''$ и $b''' - a''' = -c'''$. Слѣдова-

тельно, разность уровней точекъ A и B будетъ равна суммѣ разностей уровней точекъ A и C , C и D , D и E , E и G , G и B .

тельно разность уровней точек А и В будет $x = -(c+c'-c''+c''') = (b-a) + (b'-a') + (b''-a'') + (b'''-a''') = (b+b'+b''+\dots) - (a+a'+a''+\dots)$, т. е. должно из суммы высот инструмента вычесть сумму высот реекъ. Если полученная разность положительная, то это значить, что точка А ниже точки В; отрицательный результат показывает, что А выше В. При этомъ способѣ должно соблюдать, чтобы инструментъ былъ установленъ глазнымъ стекломъ отвѣсно надъ данною точкою. Для полученія точнѣйшаго результата должно всегда вводить поправки отъ сферическаго вида земли и рефракціи, а потому этотъ способъ замѣнить другимъ болѣе удобнымъ.

в) Опредѣляютъ разности уровней точекъ А и С, С и D... (фиг. 331), произведя простыя нивелировки изъ середины станціи (§ 134, в). Поставивъ рейку въ точкѣ А, наводятъ на нее трубу нивелира,



фиг. 331.

поставленнаго на срединѣ Р между точками А и С, и опредѣляютъ высоту АF. Потомъ переносятъ рейку въ точку С, наводятъ на нее трубу и опре-

дѣляютъ высоту СG. Инструментъ переносятъ изъ Р въ точку Р', лежащую на срединѣ между С и D, а рейку обращаютъ дѣленіями къ инструменту и опредѣляютъ высоту СH; перенеся рейку въ точку D, опредѣляютъ высоту DK и т. д. Высоты АF, СH, DL... называются задними высотами или взглядами назадъ; высоты СG, DK, EM... передними высотами или взглядами впередъ. Означивъ взгляды назадъ чрезъ $b, b', b''...$ и взгляды впередъ чрезъ $a, a', a''...$, получимъ разности уровней :

$$CG - AF = a - b = CQ, \text{ т. е. точка А выше точки С на } CQ;$$

$$CH - DK = b' - a' = CQ'; \text{ откуда А выше D на } CQ - CQ' = QQ';$$

$$EM - DL = a'' - b'' = Q'Q'', \text{ слѣдовательно А выше E на } Q'Q'' + Q'Q'' = CQ - CQ' + Q'Q'';$$

$$EN - OB = b''' - a''' = Q''Q''', \text{ слѣдовательно точка А выше В на } CQ - CQ' + Q'Q'' - Q''Q''' = (a - b) - (b' - a') + (a'' - b'') - (b''' - a''') = a - b + a' - b' + a'' - b'' + a''' - b''' = (a + a' + a'' + \dots) - (b + b' + b'' + \dots).$$

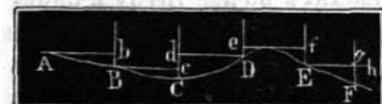
При этомъ способѣ нивелированія нѣтъ надобности, чтобы точки А, С, D, E... лежали въ одной вертикальной плоскости. Разстоянія между точками А и С, С и D... зависятъ отъ точности ин-

струмента и фигуры мѣстности. Полученные взгляды, при производствѣ работы должно записывать въ особой таблицѣ :

Точки.	Взгляды наз.	Взгляды вперед.	Примѣчанія.
A	3,46 ф.	—	
C	4,51 »	8,86 ф.	
D	3,15 »	7,12 »	
E	5,38 »	9,73 »	
B	—	4,06 »	

Изъ этой таблицы получимъ сумму взглядовъ назадъ, равную 16,5 фута и сумму взглядовъ впередъ, равную 29,77 фута; слѣдовательно точка A выше точки B на $29,77 - 16,5 = 13,27$ фута.

§ 141. Разность уровней двухъ точекъ также можетъ быть опредѣлена посредствомъ ватерпаса (§ 35). Это дѣйствіе производится слѣдующимъ образомъ: въ точкѣ A (фиг. 332) вколачиваютъ колышекъ на равнѣ съ поверхностью земли и ставятъ на немъ конецъ ватерпаса такъ,

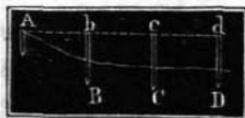


чтобы инструментъ находился въ вертикальной плоскости, проходящей чрезъ обѣ данныя точки. Приведа нижній брусъ въ горизонтальное положеніе, измѣряютъ рейкою, приставленною къ концу *b* горизонтальнаго бруса, высоту *Bb*; посредствомъ нити съ отвѣсомъ опредѣляютъ точку B, находящуюся отвѣсно подъ концемъ *b*. Переставляютъ ватерпасъ такъ, чтобы передній конецъ нижняго бруса находился въ точкѣ B, приводятъ инструментъ въ горизонтальное положеніе и въ вертикальную плоскость, проходящую чрезъ данныя точки; измѣривъ вертикальное разстояніе конца *c* отъ земли, опредѣляютъ точку C. Отсюда получимъ, что A выше B на величину *Bb*, B выше C на *Cc*, и A выше C на $Bb + Cc$. Отъ точки C мѣстность возвышается; а потому, установивъ инструментъ такъ, чтобы задній конецъ находился отвѣсно надъ точкою C, поднимаютъ ватерпасъ до тѣхъ поръ, пока передній конецъ встрѣтитъ поверхность земли при горизонтальномъ положеніи нижняго бруса. Измѣривъ разстояніе *Cd* и отмѣтивъ точку D, ставятъ ватерпасъ заднимъ концемъ отвѣсно надъ D; передній конецъ не упирается въ землю, потому что—между точками D и E находится

возвышеніе. Приведа нижній брусъ въ горизонтальное положеніе, измѣряютъ вертикальныя разстоянія De и Ef и опредѣляютъ точку E , находящуюся отвѣсно подъ переднимъ концемъ. Приставивъ задній конецъ къ точкѣ E и приведа нижній брусъ въ горизонтальное положеніе, ставятъ рейку въ данной точкѣ F и опредѣляютъ высоту gF . Тогда получимъ: точка C ниже D на Cd , и D ниже A на $Bb + Cc - Cd$; точка E ниже D на $Ef - eD$, а A выше E на $Bb + Cc - Cd + Ef - eD$; точка E выше F на Fg , а A выше F на $Bb + Cc - Cd + Ef - eD + Fg = (Bb + Cc + Ef + Fg) - (Cd + eD)$; т. е. должно изъ суммы вертикальныхъ разстояній передняго конца вычесть сумму разстояній задняго. Результаты нивелированія записываютъ въ таблицѣ:

Точки.	Высоты реекъ.	Точки.	Высоты реекъ.
A	0	D	— Cd
B	+ Bb	E	+ $Ef - eD$
C	+ Cc	F	+ Fg

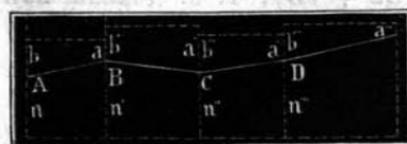
Для означенія на мѣстности направленія горизонтальной линіи поступаютъ слѣдующимъ образомъ: въ наивышей точкѣ A (фиг. 333) вбиваютъ колышекъ на равнѣ съ поверхностью земли; поставивъ на немъ задній конецъ нижняго бруса, приводятъ инструментъ въ горизонтальное положеніе и измѣряютъ высоту bB . По опредѣленіи точки B посредствомъ отвѣса, вколачиваютъ коль въ землю такъ, чтобы его высота равнялась съ точностью высотѣ bB рейки. Потомъ ставятъ ватерпасъ заднимъ концемъ на коль bB , приводятъ нижній брусъ въ горизонтальное положеніе и опредѣляютъ высоту cC рейки; въ точкѣ C вколачиваютъ коль равной высоты съ рейкою cC и т. д. Линія, умственно проведенная чрезъ вершины $A, b, c, d...$ кольевъ, опредѣляетъ направленіе горизонтальной.



§ 142. Изображеніе проинвेलлированныхъ линій на бумагѣ называется *профилью* или *разрѣзомъ*; оно представляетъ данныя точки мѣстности на вертикальной плоскости, разрѣкающей поверхность земли. Для опредѣленія положенія на бумагѣ тѣхъ точекъ проинвेलлированной линіи, въ которыхъ была установлена рейка, должно отыскать ихъ абсцисы и ординаты относительно какой-нибудь горизонтальной линіи; на этой линіи откладываютъ по масштабу горизонтальныя разстоянія между точками стоянія рейки. Вертикальныя разстоянія этихъ точекъ отъ умственно проведенной горизонтальной линіи представляютъ ихъ ординаты; они называются *отмѣтками*. Ордината начальной точки, называемая главною отмѣткою, берется произволь-

ной, но такой длины, чтобы отмѣтки не пересѣкали проивеллированную линію. Такъ какъ горизонтальныя разстоянія между точками проивеллированной линіи представляютъ ихъ абсиссы, и слѣдовательно должны быть извѣстны, то на мѣстности должно ихъ измѣрять цѣпью, вытягивая ее горизонтально (§ 33). Эти разстоянія вмѣстѣ съ взглядами записываются въ таблицѣ. Пусть взгляды впередъ данныхъ точекъ суть a, a', a'', a''', \dots , взгляды назадъ b, b', b'', b''', \dots и притомъ $a < b, a' > b', a'' < b''$ и $a''' < b'''$. Если положимъ, что главная отмѣтка точки А (фиг. 334) равна n ,

фиг. 334.



то получится отмѣтка y' точки В' $= n + (b - a) = n'$. Точка С ниже точки В на $a' - b'$, слѣдовательно отмѣтка точки С равна $n'' = n' - (a' - b')$ или $n'' = n' + (b' - a')$. Точка D выше С на $b'' - a''$, а потому отмѣтка точки D равна $n''' = n'' + (b'' - a'')$.

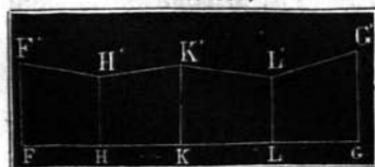
Отсюда видно составленіе каждой отмѣтки по извѣстной разности уровней и отмѣткѣ предыдущей точки.

До составленія профили должно въ особомъ журналѣ записать всѣ необходимыя величины.

Точки.	Взгляды		Разности уровней.	Горизонтальныя разстоянія.	Отмѣтки.
	назадъ.	впередъ.			
А	a	0			$y = n$ фут.
В	a'	b	$b - a$	x саж.	$y' = n + (b - a) = n'$
С	a''	b'	$a' - b'$	x' »	$y'' = n' + (b' - a') = n''$
Д	a'''	b''	$b'' - a''$	x'' »	$y''' = n'' + (b'' - a'') = n'''$
Е	0	b'''	$b''' - a'''$	x''' »	$y'''' = n''' + (b''' - a''') = n''''$

Для полученія на бумагѣ точекъ А, В, С..., проводятъ прямую FG (фиг. 335), представляющую ось абсиссъ, откладываютъ на ней отъ точки F части $FN = x, NK = x', \dots$, и изъ точекъ F, Н, К... возставляютъ перпендикуляры къ прямой FG. Горизонтальныя разстоянія x, x', \dots всегда выражаются въ саженьяхъ, а отмѣтки y, y', \dots въ футахъ и частяхъ фута; слѣдовательно послѣднія составляютъ весьма

фиг. 335.

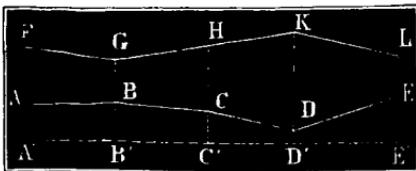


мелкія части первыхъ; но на подобныхъ чертежахъ должно изобра-

жать съ особенною точностью ординаты точекъ данной профили, для того, чтобы возможно было по данному изображенію опредѣлить разности уровней. По этой причинѣ принято откладывать ординаты или отмѣтки по масштабу, въ 10 разъ болшему противъ того, по которому отложены горизонтальныя разстоянія; такъ на примѣръ, если они отложены въ масштабѣ 30 сажень въ дюймѣ, то отмѣтки должно откладывать по масштабу 3 сажень; тогда возможно на бумагѣ выразить мелкія части сажени, т. е. длины, которыя не менѣе 2,5 дюймовъ. По перпендикулярамъ, проведеннымъ чрезъ точки F, H, K... откладываютъ длины, равныя отмѣткамъ n, n', n'' ... до точекъ F', H'... по масштабу, въ 10 разъ болшему. Проведя чрезъ полученныя точки прямыя F'H', H'K'...., получимъ профиль мѣстности по данному направленію.

Для получения болѣе точнаго изображенія мѣстности должно ставить рейку въ такихъ точкахъ, гдѣ нивелируемая линія представляетъ значительныя измѣненія, т. е. углубленія или возвышенія. Нѣтъ надобности, чтобы точки стоянія рейки лежали въ одной вертикальной плоскости; часто избираютъ ихъ, по мѣстнымъ причинамъ или сообразно съ цѣлью производимой работы, въ разныхъ перестѣкающихся плоскостяхъ; тогда проекція нивелируемой линіи изобразится на горизонтальной плоскости ломанною линіею (фиг. 336), а на вертикальной — прямою. На чертежѣ изображаютъ тогда также ее горизонтальную проекцію; для этого должно измѣрить углы ABC, BCD... на лимбѣ нивелира; прямыя AB, BC..., соотвѣтствующія горизонтальнымъ разстояніямъ между точками стоянія рейки, откладываютъ по

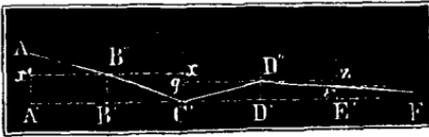
фиг. 336.



данному масштабу, и измѣренные углы строить посредствомъ транспортира или таблицы тангенсовъ. Проведя ось A'E' абсиссы, проектируютъ на нее точки A, B, C... и откладываютъ, по масштабу въ 10 разъ болшему, отмѣтки A'F, B'G...

§ 143. Линія, пронивелированная ватерпасомъ, наносится на бумагу подобнымъ-же образомъ; для объясненія этого дѣйствія возьмемъ величины, отмѣченныя въ таблицѣ (§ 141). Проведя прямую AF' чрезъ наинишнюю точку C', наносятъ абсиссы и ординаты получен-

фиг. 337.



ныхъ точекъ относительно этой линіи (фиг. 337). По прямой $A'F'$ откладываютъ длину нижняго бруса, равную, на примѣръ, $1\frac{1}{2}$ саж. отъ C' до B' отъ C' до D' и т. д., и составляютъ изъ точекъ B', C', D' перпендикуляры. По масштабу, въ 10 разъ большему, откладываютъ ординаты слѣдующимъ образомъ: отъ C' до x длину, равную Cc (см. въ табл.) и проводятъ прямую $B''x$ параллельно къ $A'F'$, отъ C' до g откладываютъ длину Cd и проводятъ прямую zg параллельно къ $B''x$, отъ z до E'' откладываютъ длину Ef въ противную сторону, потому-что она со знакомъ минусъ, отъ x' до A'' откладываютъ длину bV и т. д.; проведя прямыя $A''B'', B''C''\dots$, получимъ требуемую профиль.

Чтобы повѣрить результаты произведеннаго нивелированія, должно повторять работу по той-же линіи и сравнивать разности уровней крайнихъ точекъ, полученныя изъ обѣихъ нивелировокъ. Вторую нивелировку производятъ по большей части обратнымъ путемъ, т. е. если первая начата отъ точки A (фиг. 331), то вторую производятъ отъ B ; потому вторую называютъ *обратною*. Весьма полезно, при обратномъ нивелированіи, избирать для точекъ стоянія рейки, новыя точки данной линіи. Если результаты, полученныя изъ обѣихъ нивелировокъ, значительно разнствуютъ, то должно повѣрять наиболѣе сомнительныя высоты реекъ первой нивелировки.

Не взирая на вниманіе нивелирующаго, точность инструмента и надлежащую ясность визированія, всегда существуютъ погрѣшности въ полученныхъ результатахъ. Ошибки, допускаемыя при нивелированіи суть:

для	10 станцій	$\frac{1}{2}$	дюйма (на каждую станцію)
» 10 — 15	»	2	» (на всѣ станціи)
» 16 — 20	»	2,5	» " " "
» 21 — 30	»	3	» " " "
» 31 — 40	»	3,75	» " " "
» 41 — 50	»	4,5	» " " "
» 51 — 65	»	5,25	» " " "
» 66 — 80	»	6	» " " "
» 80 — 100	»	6,75	» " " "
» 100 — 120	»	7,5	» " " "
» 120 — 150	»	8,5	» " " "

Вообще должно избѣгать большое число точекъ стоянія инструмента и стараться вѣтъ разстоянія между рейками не менѣе 20 сажень.



О ПРИЛОЖЕНІЯХЪ
НИЗШЕЙ ГЕОДЕЗИИ.

ЧАСТЬ II.

ЧАСТЬ II.

О ПРИЛОЖЕНІЯХЪ НИЗШЕЙ ГЕОДЕЗИИ.

ОТДѢЛЪ I.

ВОЕННАЯ ТОПОГРАФІЯ.

§ 144. Цѣль военныхъ обзорѣній состоитъ въ изученіи мѣстности въ военно-географическомъ и военно-статистическомъ отношеніяхъ, т. е. въ описаніи средствъ и препятствій, представляемыхъ мѣстностью для выполнения предпріятій, предлагаемыхъ начальникомъ арміи или отдѣльнаго отряда. При военномъ обзорѣніи мѣстность разсматривается съ тою цѣлью, чтобы опредѣлить ея вліяніе на ходъ военныхъ дѣйствій и исчислить всѣ данныя для общихъ военныхъ соображеній. Къ общимъ соображеніямъ войны относятся: заготовленіе военныхъ и продовольственныхъ припасовъ, дальнѣйшее распределеніе ихъ, выборъ направленія и образа дѣйствій.

Подробное-же изученіе мѣстности въ тактическомъ отношеніи съ исчисленіемъ всѣхъ выгодъ и неудобствъ для частныхъ дѣйствій войскъ, составляетъ предметъ *рекогносцировокъ*; они состоятъ изъ двухъ частей: 1) составленія плановъ съ изображеніемъ на нихъ предметовъ мѣстности, имѣющихъ вліяніе на ходъ военныхъ дѣйствій; 2) составленія топографической записки, въ которой объясняются всѣ тѣ свойства и предметы мѣстности, которые не могутъ быть выражены на планѣ.

На военныхъ планахъ должно изображать съ особенною точностью: 1) всѣ видоизмѣненія мѣстности, т. е. представлять на горизонтальной плоскости *характеръ* или замѣчательное свойство поверхности снимаемаго участка; необходимо, чтобы по плану возможно было

узнать, будетъ-ли мѣстность открытая, ровная, пересѣченная, лѣсистая и гористая; 2) пути сообщенія, т. е. всѣ дороги; 3) озера, рѣки, ручьи и каналы; 4) луга, лѣса, кустарники; 5) города, селенія, отдѣльные дома, церкви, мельницы, заводы, сады, заборы и т. п. 6) предметы, удобные къ ориентированію, какъ то: столбы, отдѣльно стоящіе деревья, башни.

§ 145. Въ топографической запискѣ должно означать слѣдующее:

1) Относительно дорогъ, замѣчаютъ, будутъ-ли они почтовые, проселочныя, или тропинки, потомъ шоссейныя, насыпныя или мощенныя, будетъ-ли ихъ грунтъ каменистый, песчаный, глинистый или болотистый; посажены-ли аллеи и вырыты-ли рвы по обѣ ихъ стороны. Замѣчаютъ ширину дорогъ и проходимость ихъ во всякое время года, и какимъ именно родомъ войскъ. Сверхъ того, чтобы судить о выгодахъ, представляемыхъ дорогою для дѣйствій и движенія войскъ, должно описать мѣстность, лежащую по обѣ стороны. При описаніи дорогъ въ гористыхъ странахъ, должно ихъ раздѣлить: 1) на удобныя для слѣдованія всѣхъ родовъ войскъ съ ихъ обозами; 2) на такія, по которымъ не могутъ слѣдовать колесныя телѣги; и 3) на удобныя для однихъ пѣшеходовъ.

2) Относительно рѣкъ, замѣчаютъ ихъ ширину, глубину, теченіе, расположеніе береговъ. Ширина и глубина опредѣляются по возможности между пунктами, наиболѣе сближающимися, но также тамъ, гдѣ направленіе рѣки наиболѣе измѣняется. Замѣтивъ теченіе рѣки, должно упомянуть о грунтѣ dna ея, быстротѣ теченія, какъ на срединѣ русла, такъ и близъ береговъ, о времени замерзанія и вскрытія, проходимости по льду, времени разлитія и о наводняемомъ пространствѣ. Должно замѣтить, не образуетъ-ли рѣка острова и не впадаютъ-ли въ нее рѣчки. Относительно береговъ должно объяснить: песчаные-ли они, или болотистые, каменистые, плоскіе, отлогіе или утесистые; возвышеніе ихъ надъ уровнемъ и относительную высоту ихъ.

Мѣстность, прилежащая къ рѣкѣ должна быть описана по крайней мѣрѣ на разстояніе пушечнаго выстрѣла. При этомъ особенное вниманіе должно обращать на мѣста, удобныя для переправы съ одного берега на другой и для устройства батарей. Также должно описать мосты, броды и средства способствующія переправѣ, какъ то лодки, бурдюки, плоты, канаты и якоря.

Описывая мосты, должно замѣчать матеріалъ, изъ котораго они построены, т. е. каменные-ли они, или деревянные, и способъ ихъ устройства т. е. стоячіе-ли они, или плвучіе. Также ихъ ширину, возвышеніе надъ водою, удобство спусковъ, не требуютъ-ли они починковъ, можно-ли ихъ уничтожить въ короткое время, и не прикрыты-ли они укрѣпленіями. Если переправа производится на пармахъ, судахъ или плотахъ, то должно рассчитать, по данному ихъ числу и извѣстной величинѣ, время, въ которое можетъ быть переправляемо извѣстное число войскъ. Необходимо знать всѣ броды описываемой рѣки. Если время и обстоятельства позволяютъ, то должно изслѣдовать рѣку посредствомъ лодокъ съ отвѣсомъ или-же приказать кавалеристамъ вѣзжать въ воду; во всякомъ случаѣ не должно довольствоваться указаніемъ мѣстныхъ жителей, потому-что броды имъ неизвѣстны, или по какимъ-либо причинамъ они ихъ скрываютъ. Броды преимущественно находятся выше или ниже того мѣста, гдѣ находился мостъ, или при слияніи двухъ рѣкъ, а также при впаденіи рѣкъ въ море; мѣста неглубокія узнаются тѣмъ, что поверхность рѣки изъ гладкой переходитъ вдругъ въ волнистую. Эти мѣста должно подробнѣе изслѣдовать и описать. По отысканіи брода, должно изслѣдовать его направленіе, глубину, свойство грунта и время ихъ появленія, когда они непостоянные. Если рѣка судоходна, то должно замѣчать, какія суда могутъ слѣдовать и скорость ихъ слѣдованія на извѣстномъ протяженіи между двумя пунктами; замѣчаютъ также время прекращенія судоходства, пристани и складочныя мѣста.

3) Относительно болотъ, замѣчаютъ ихъ протяженіе, мѣста проходимыя въ разныя времена года, имѣющіяся дороги, насыпи, плотины и средства для устройства сообщеній, или для уничтоженія ихъ.

4) Относительно лѣсовъ, должно замѣчать выходящія изъ нихъ дороги, рѣки съ ихъ направленіемъ, фигуру, обширность и густоту лѣса, грунтъ земли, обширность и положеніе полей, ширину и свойство дорогъ, пролегающихъ въ лѣсу; также должно узнать, возможно-ли устроить новыя, или исправить имѣющіяся дороги, и возможно-ли производить движеніе въ лѣсу не по дорогамъ, и въ какомъ строѣ.

5) Относительно городовъ и селеній, должно описать ихъ обширность, народонаселеніе, число и вышину домовъ, матеріалъ, изъ котораго они построены, и ихъ расположеніе; также направленіе и ширину улицъ, и вымощены-ли они. Сверхъ того должно показать сред-

ства для приведенія города или селенія въ оборонительное положеніе, запасы жителей, фабрики, заводы, мельницы, снабженіе города водою и т. п.

б) Относительно укрѣпленій и крѣпостей, должно описать ихъ систему, свойства ихъ, и размѣръ главнѣйшихъ верковъ, цитадели, редюиты, свойства окружающей мѣстности, число войскъ, потребное для обороны, возможность обложенія и удобнѣйшіе фронты для атаки.

§ 146. Составленіе плана мѣстности зависитъ отъ того : 1) производится-ли съемка въ мирное время ; или 2) въ виду непріятеля и въ непродолжительное время.

Когда съемка можетъ быть произведена при достаткѣ времени, тогда составляется предварительно геометрическая или тригонометрическая сѣть (§§ 106, 109) ; слѣдовательно употребительнѣйшіе инструменты при военной съемкѣ суть мензула и теодолитъ (§§ 78 63,).

Для военныхъ плановъ полагается масштабъ $\frac{1}{16800}$, $\frac{1}{21000}$, $\frac{1}{42000}$ или 200, 250 и 500 сажень въ дюймѣ. Производство съемки начинаютъ *рекогносцировкой* или *обозрѣніемъ* мѣстности. При этомъ должно особенное вниманіе обращать на положеніе возвышенностей, селенія, главные пути сообщенія, воды и лѣса. При недостаткѣ подобныхъ предметовъ ставятъ вѣхи для означенія главныхъ точекъ (§ 106). Необходимо при обозрѣніи составить брульонъ съ возвышенной точки даннаго участка для того, чтобы по возможности познакомиться съ мѣстностью и съ тѣми предметами, которые должны быть опредѣлены на планѣ съ особенною точностью. По составленіи геометрической сѣти или перенесеніи главныхъ точекъ тригонометрической сѣти на мензульные листы (§§ 106, 121) приступаютъ къ нанесенію подробностей.

а) *Нанесеніе путей сообщенія и текущихъ водъ.* Дѣйствіе производится точно такъ, какъ объяснено выше (§ 102). Должно сначала нанести на планѣ главнѣйшія дороги и къ нимъ потомъ примыкать прочіе предметы. Выгодно для точекъ стоянія мензулы избирать тѣ точки, въ которыхъ главная дорога пересѣкается съ другими дорогами и рѣками, гдѣ она измѣняетъ свое направленіе, или подымается на гору ; также въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ подлѣ самой дороги находятся какіе нибудь замѣчательные предметы, какъ-то дома, сады. Съемка

проселочныхъ дорогъ и тропинокъ не требуетъ большой точности: главное ихъ направленіе опредѣляется засѣчками, а изгибы срисовываются на глазъ; если-же по нимъ должно совершаться движеніе войскъ, то надлежитъ ихъ опредѣлить съ тою-же точностью, съ какою наносятся главныя дороги. Вообще точность съемки дорогъ зависитъ отъ вліянія ихъ на предпринимаемыя военныя дѣйствія. Почтовые и шоссейныя дороги вычерчиваются двумя линіями, проселочныя и тропинки одной линіею.

При съемкѣ текущихъ водъ должно нанести точки, избранныя на ихъ берегахъ. Если близъ берега пролегаетъ дорога, то ось ея можетъ служить осью абсциссъ для опредѣленія координатъ замѣченныхъ точекъ. Если берега болотистыя, то удобнѣе опредѣлить ихъ точки засѣчками по другимъ уже опредѣленнымъ точкамъ. Когда берега покрыты лѣсомъ или кустарникомъ, то поступаютъ по 2-му способу (§ 102). Кривизну берега срисовываютъ или на глазъ, или снимаютъ ее посредствомъ буссоли. Ручьи болѣе представляютъ затрудненія, потому-что ихъ берега составляютъ болѣе извилинъ; этимъ увеличивается число наносимыхъ точекъ. При незначительной ширинѣ рѣкъ вычерчивается ихъ направленіе одной линіею, или двумя параллельными.

При съемкѣ судоходныхъ рѣкъ должно измѣрять въ разныхъ мѣстахъ ширину ихъ; при значительной ширинѣ снимаются оба берега отдѣльно. Такимъ-же образомъ должно поступить при съемкѣ рѣкъ, предназначаемыхъ къ какой-нибудь военной цѣли, на примѣръ, когда требуется построить мостовое прикрытіе. Если въ рѣкѣ находятся острова, то опредѣляютъ ихъ точки по другимъ опредѣленнымъ точкамъ, и вычерчиваютъ контуръ на глазъ; при съемкѣ большихъ-же острововъ должно ихъ контуръ опредѣлить съ большою точностью (§§ 102, 103). Кромѣ ширины рѣки и извилинъ ея береговъ, должно означать на планѣ фигуру и состояніе береговъ: пологи-ли они или круты, и покрыты-ли они кустарникомъ и лѣсомъ. Также необходимо изобразить на планѣ всѣ втекающія рѣки, каналы и рвы; мѣста гдѣ находятся переправы и ширину послѣднихъ, а также мосты съ означеніемъ ихъ ширины. Съ точностью должно изобразить плотины и шлюзы; сверхъ того должно означать направленіе теченія и контуръ пространства, наводняемаго во время разлитія.

б) *Нанесеніе стоячихъ водъ, луговъ, болотъ и львовъ.* Очевидно,

что эти подробности снимаются, какъ сомкнутыя фигуры (§ 103). Если берега озеръ или прудовъ болотистые, и слѣдовательно неприступны, то должно опредѣлить точки контура засѣчками по нанесеннымъ уже точкамъ мѣстности: извилины вычерчиваютъ на глазъ. Съемка луговъ не представляетъ никакихъ затрудненій, потому-что они по большей части совершенно открыты. Контуръ луговъ снимается, какъ объяснено выше (§ 103). Если лугъ пересѣченъ ручьемъ или рвомъ, то послѣдніе снимаются вмѣстѣ съ контуромъ. Въ особенности важна въ военномъ отношеніи проходимость луга во всякое время года; мѣста топкія должно снять съ особенной точностью. При съемкѣ лѣсовъ должно только обращать вниманіе на ихъ контуры, дороги, чрезъ нихъ идущія, поляны, топкія мѣста и рѣчки, въ нихъ находящіяся. Контуры самихъ лѣсовъ снимаются, какъ объяснено въ (§ 102, b), а контуры, внутри лѣсовъ находящіяся, по 1-му, дороги и рѣчки по 2-му способу (§ 102).

§ 147. *Съемка городовъ и селеній.* При съемкѣ города должно по нанесеннымъ главнымъ точкамъ опредѣлить точки его наружнаго контура, и точки, внутри его лежащія, какъ то колокольни, башни и т. п. Контуръ города снимается, какъ объяснено въ (§ 103); точки контура повѣряются по точкамъ, взятымъ внутри города. За точки контура полезно выбирать концы улицъ. По нанесеннымъ точкамъ контура опредѣляютъ направленіе улицъ и измѣряютъ ихъ длины цѣпью; направленіе улицъ берется вдоль по ихъ осямъ. По нанесеннымъ линиямъ опредѣляютъ посредствомъ эскера всѣ подробности, т. е. дома съ флигелями и садами. Весьма затруднительно и часто невозможно производство съемки, когда съемщику не представляется возможность входить въ городъ.

§ 148. *Нанесеніе горъ или неровностей снимаемой поверхности.* По изложеннымъ способамъ нанесенія точекъ мѣстности опредѣляются на планѣ только горизонтальныя ихъ разстоянія, и слѣдовательно проекція даннаго участка на горизонтальной плоскости; по извѣстнымъ условнымъ знакамъ можно узнать, какія части земной поверхности покрыты лѣсомъ, кустарникомъ, водою и т. п., но самую фигуру ея, относительно возвышенностей, низменностей, горъ, долинъ и лощинъ, нельзя узнать по данному плану, потому-что высоту предметовъ нельзя означать на горизонтальной плоскости, полагая, что глазъ наблюдателя находится отвѣсно надъ каждою точкою снимаемаго участ-

ка. На планахъ, составляемыхъ для военныхъ предпріятій, необходимо изображать всѣ видоизмѣненія поверхности снимаемой мѣстности, потому-что они имѣютъ весьма важное вліяніе на дѣйствія и движенія всѣхъ родовъ войскъ. При изображеніи неровностей должно выполнять условія: 1) чтобы по данному плану возможно было судить объ относительныхъ высотахъ точекъ мѣстности и о степени крутизны покатостей; 2) чтобы изображеніе можно было составить безъ затрудненія и въ скорѣйшее время. Для объясненія способа нанесенія неровностей, представимъ себѣ гору, разсѣченную у подошвы горизонтальною плоскостью; тогда сѣченіемъ получится фигура ABCDE, которая называется основаніемъ горы; такъ какъ она находится въ горизонтальной плоскости, то ее возможно изобразить на планѣ. Слѣдовательно получится форма горы у ея подошвы, но можно также провести горизонтальную плоскость чрезъ какую-нибудь точку горы; тогда получится форма горы на высотѣ, равной отвѣсному отстоянію избранной точки отъ основанія. Опредѣливъ подобныя горизонтальныя сѣченія, называемыя *горизонтальми*, во всѣхъ точкахъ, гдѣ измѣняется форма горы, и замѣтивъ вертикальныя разстоянія между сѣченіями, получимъ общую форму горы; дѣйствительно, раздвигая горизонтальныя сѣченія по вертикальной линіи, и сохраняя взаимныя разстоянія ихъ, получимъ тѣло, совершенно подобное горѣ, если себѣ представимъ, что это тѣло произошло отъ непрерывнаго движенія производящей по направляющимъ ABCDE, *abcde*...

Отсюда слѣдуетъ, что изображаемая гора представляется разсѣченною горизонтальными плоскостями, и линіи сѣченія изображаются на планѣ. Остается узнать, въ какихъ растояніяхъ проводятся сѣкущія плоскости. Часто измѣняется форма горы весьма различно: она представляется то плоскостью, то вогнутою, то выпуклою поверхностью, а потому должно взять разстояніе между двумя сѣкущими плоскостями такое, чтобы часть горы, между ними заключающаяся, представляла тѣло съ прямолинейными производящими на подобіе поверхности усѣченного конуса. Часть горы, заключенная между двумя смежными горизонталями, можетъ имѣть въ различныхъ мѣстахъ горы различную форму; т. е. бываетъ крута, отлога, или составляетъ по мѣстамъ плоскость, или часть цилиндрической или конической поверхности.

Линією наибольшаго паденія называется линія, опредѣляющая уголъ

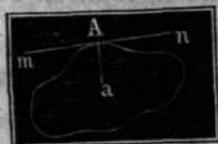
наклоненія, составляемый покатостью съ горизонтальной плоскостью. Пусть MN (фиг. 338) представляет наклонную плоскость; тогда ея линия наибольшаго паденія опредѣлится, проведя горизонтальную RN , и въ плоскости MN прямую BA перпендикулярно къ сѣченію RN . Прямая BA есть линия наибольшаго паденія, потому-что она составляет сторону угла наклоненія плоскости MN къ горизонтальной.

фиг. 338.



Линія наибольшаго паденія, находящаяся между двумя горизонталями, должна быть прямою или линію, мало отличающуюся отъ прямой. Проведя чрезъ A (фиг. 339) касательную mn и на покато-ти прямую Aa , перпендикулярно къ mn , получимъ линію Aa наибольшаго паденія и уголъ ея наклоненія. Линія наибольшаго паденія пересѣкаетъ горизонтальи подъ прямыми углами и представляетъ кратчайшее разстояніе между двумя смежными сѣченіями; она опредѣляетъ направленіе, по которому слѣдуетъ тѣло, свободно катящееся съ высоты. Смотри по формѣ горы, видъ линіи наибольшаго паденія бываетъ различный: она бываетъ прямая, плоская кривая или кривая двойкой кривизны, но всегда кратчайшая между двумя точками; она составляется изъ прямыхъ, между горизонталями лежащихъ.

фиг. 339.



Проектируя линіи наибольшаго паденія на горизонтальную плоскость, замѣчаемъ, что ихъ проекціи пересѣкаютъ проектированныя горизонтальи также подъ прямыми углами.

При съемкѣ горъ главное дѣйствіе состоитъ въ опредѣленіи горизонталей; оно не можетъ быть произведено съ тою точностью, съ каковою опредѣляются прочіе предметы земной поверхности. Если одна изъ горизонталей проведена на планѣ вѣрно, и вертикальное разстояніе между сѣкущими плоскостями извѣстно, то возможно, по найденнымъ угламъ наклоненія, лежащимъ между двумя смежными горизонталями, опредѣлить разстояніе между ними, т. е. горизонтальныя проекціи линіи наибольшаго паденія.

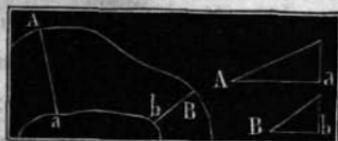
Положимъ, что Aa' (фиг. 340) представляетъ линію наибольшаго паденія, и уголъ $a'Aa$ наклоненія равенъ α . Опустивъ изъ a' перпендикуляръ $a'a$ на горизонтальную линію Aa , получимъ $Aa = aa'$. $\text{Cotg } \alpha$. Принимая вертикальныя разстоянія между горизонталями, равными между собою,

фиг. 340.



Положимъ, что Aa' (фиг. 340) представляетъ линію наибольшаго паденія, и уголъ $a'Aa$ наклоненія равенъ α . Опустивъ изъ a' перпендикуляръ $a'a$ на горизонтальную линію Aa , получимъ $Aa = aa'$. $\text{Cotg } \alpha$. Принимая вертикальныя разстоянія между горизонталями, равными между собою,

узнаемъ, что проектированныя линіи наибольшаго паденія относятся между собою, какъ котангенсы угловъ, имъ соотвѣствующихъ. Для примѣра узнаемъ, въ какомъ разстояніи отъ точекъ А и В (фиг. 341) должно провести вторую горизонталь.



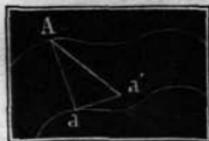
Положимъ, что при точкѣ В уголъ паденія 35° , а при А равенъ 10° ; тогда будетъ $Vb : Aa = \text{Cotg } 35^\circ : \text{Cotg } 10^\circ$, откуда $Aa = \frac{\text{Cotg } 10^\circ}{\text{Cotg } 35^\circ} \cdot Vb = 3,97 Vb$. Означа

въ длину проектированной линіи наибольшаго паденія для угла въ 5° чрезъ a , получимъ изъ предъидущей пропорціи :

для угловъ въ :	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
соотвѣствующія длины проектированныхъ линій наиб. паденія :	$\frac{a}{2}$	$\frac{a}{3}$	$\frac{a}{4}$	$\frac{a}{5}$	$\frac{a}{7}$	$\frac{a}{8}$	$\frac{a}{9}$	$\frac{a}{10}$

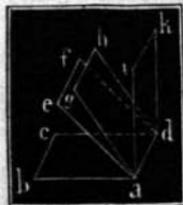
§ 149 Съ помощію нанесенныхъ горизонталей не получается еще ясное изображеніе горы, когда вертикальныя разстоянія между ними неизвѣстны. Нѣтъ никакой возможности изобразить эти разстоянія на планѣ. Означая ихъ цифрами, возможно было-бы опредѣлить высоту горы надъ основаніемъ, сложивъ означенныя вертикальныя разстоянія; также легко было-бы опредѣлить вычисленіемъ или графически углы наклоненія между двумя смежными горизонталями. Такъ на примѣръ, если-бы требовалось найти при точкѣ А (фиг. 342) уголъ наклоненія, то стоило-бы только провести чрезъ А проекцію Аа линіи наибольшаго паденія и вертикальное разстояніе aa' ; полученный уголъ aAa' представляетъ уголъ паденія. Но гораздо важнѣе означать на планѣ различное наклоненіе частей покато-

фиг. 342.



сти, заключенныхъ между двумя горизонталями, нежели вертикальныя разстоянія. Маіоръ саксонской службы Леманъ изобрѣлъ способъ означать на планѣ направленіе скатовъ и различное ихъ наклоненіе, принявъ для этого извѣстныя условія. Этотъ способъ основывается на двухъ началахъ: 1) принимается, что глазъ наблюдателя находится отвѣсно надъ каждою точкою мѣстности, и 2) плоскость тѣмъ болѣе освѣщена, чѣмъ болѣе падаетъ на нее лучей. Положимъ, что

лучи свѣта представляютъ прямыя, параллельныя между собою и перпендикулярныя къ горизонтальной плоскости *abcd* (фиг. 343); число лучей, падающихъ на эту плоскость болѣе числа



сло лучей, падающихъ на эту плоскость болѣе числа лучей, падающихъ на наклонныя плоскости *aefd*, *aghd*... и вообще будетъ тѣмъ менѣе, чѣмъ болѣе уголъ наклоненія плоскости; слѣдовательно плоскость *abcd* будетъ наиболѣе освѣщена, а плоскость *alkd* наименѣе. Отсюда слѣдуетъ, что степень освѣщенія зависитъ отъ угла наклоненія освѣщенной плоскости. Означая тѣнь

штрихами, а свѣтъ промежутками между штрихами, возможно по способу Лемана опредѣлить, по отношенію толстоты штриха къ ширинѣ промежутка, уголъ наклоненія покатости. Покатости въ 45° и болѣе вычерчиваетъ Леманъ полною тѣнью, какъ мѣста недоступныя, для движенія въ порядкѣ, никакому роду войскъ. Для каждаго угла наклоненія, меньшаго 45° вычерчиваютъ штрихи съ промежутками такъ, чтобы сохранялась пропорція: *тѣнь относится къ свѣту, такъ, какъ $m : 45 = m$* , гдѣ *m* означаетъ градусную величину угла наклоненія, т. е. для угла въ m° имѣемъ: толстота штриха относится къ ширинѣ промежутка, такъ какъ $m : 45 = m$. Принято означать на планахъ степень крутизны покатостей для угловъ отъ 5 до 5 градусовъ; по этому получимъ отношенія между толстотою штриховъ и шириною промежутковъ для угловъ въ :

5°	»	$5 : 45 = 5 = 5 : 40 = 1 : 8$
10°	»	$10 : 45 = 10 = 10 : 35 = 2 : 7$
15°	»	$15 : 45 = 15 = 15 : 30 = 3 : 6$
20°	»	$20 : 45 = 20 = 20 : 25 = 4 : 5$
25°	»	$25 : 45 = 25 = 25 : 20 = 5 : 4$
30°	»	$30 : 45 = 30 = 30 : 15 = 6 : 3$
35°	»	$35 : 45 = 35 = 35 : 10 = 7 : 2$
40°	»	$40 : 45 = 40 = 40 : 5 = 8 : 1$

Примѣчаніе. Раздѣленіе покатостей отъ 5 до 5° имѣетъ нѣкоторыя неудобства. Всѣ покатости, имѣющія малые углы наклоненія рѣзко отличаются одни отъ другихъ, такъ на примѣръ, на мѣстности ясно отличается покатость въ 1° отъ покатости въ 2° , но покатость въ 35°

фиг. 344.



невозможно отличить отъ покатости въ 40° или даже въ 45° . Причина этого объясняется слѣдующимъ образомъ : если въ треугольникѣ *abc* (фиг. 344) линія *ab* представляетъ скатъ горы, *ac* горизонтальную и *bc* вертикальную линію, то, положивъ *bc* $\doteq 1$ сажени, и давая углу

bac различныя величины, получимъ

для угловъ <i>a</i> \doteq	1°	2°	3°	4°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
разстоянія <i>ac</i> \doteq	57	28,6	19	14,3	11,4	5,5	3,7	2,7	2,1	1,7	1,4	1,2	1

Для угловъ отъ 1° до 20° , бокъ *ac* измѣняется значительно, а отъ 20° только въ десятыхъ доляхъ. Отсюда слѣдуетъ, что по методѣ Лемана изображаются на планѣ штрихами различной толстоты тѣ покатости, которыя въ природѣ вовсе не различаются между собою, а штрихами одинаковой толщины, покатости, имѣющія различную крутизну и, что наши планы, надобно полагать, представляютъ вычерченныя горы съ большими крутизнами, нежели какія находятся въ натурѣ. Принимая во вниманіе, что въ природѣ чаще встрѣчаются отлогіе, нежели крутые скаты, во Франціи :

1) подраздѣляютъ покатости по угламъ наклоненія : въ 1, 2, 4, 7, 11, 16, 23, 32, 45 градусовъ ;

2) при означеніи покатостей штрихами соблюдаютъ, чтобы тѣнь относилась къ свѣту такъ, какъ номеръ *m* разряда покатости къ дополненію *m* до 9, т. е. къ $9 - m$; такимъ образомъ будетъ :

1. для покатости въ 1° тѣнь къ свѣту $\doteq 1 : 8$.
2. — — — 2° — — — $\doteq 2 : 7$.
3. — — — 4° — — — $\doteq 3 : 6$.
4. — — — 7° — — — $\doteq 4 : 5$.
5. — — — 11° — — — $\doteq 5 : 4$.
6. — — — 16° — — — $\doteq 6 : 3$.
7. — — — 23° — — — $\doteq 7 : 2$.
8. — — — 32° — — — $\doteq 8 : 1$.

3) промежуточныя покатости вычерчиваютъ штрихами ближайшаго меньшаго разряда, на примѣръ покатость въ 5° вычерчиваютъ штрихами покатости въ 4° , покатости въ 8, 9, 10° штрихами покатости въ 7° .

Такъ какъ штрихами выражаются на планѣ различные углы наклоненія скатовъ, а направлениемъ штриховъ направленіе скатовъ, то естественно, что они должны быть проведены по направленію линій наибольшаго паденія; извѣстно, что линіи скатовъ всегда должны быть перпендикулярны къ горизонтальнымъ сѣченіямъ, а потому и штрихи должны быть перпендикулярны къ горизонталямъ. Скатъ горы можетъ имѣть троякій видъ: 1) одинаковую крутизну, когда онъ съ горизонтальною плоскостью составляетъ углы равные между собою; 2) вогнутую крутизну, когда углы наклоненія отъ вершины до основанія уменьшаются, и 3) выпуклую крутизну, когда углы наклоненія отъ вершины до основанія увеличиваются. Вообще эти три формы встрѣчаются въ совокупности.

Если АВ и CD (фиг. 345) двѣ смежныя горизонтали, то, возставивъ изъ точекъ верхней горизонтали перпендикуляры къ плоскости основанія, и сдѣлавъ эти перпендикуляры равными вертикальному разстоянію h между горизонтальными сѣченіями, соединяють ихъ вершины кривою C'D'; эта кривая представляетъ истинное положеніе верхней горизонтали. Проведя штрихи a, b, c , получимъ прямо-



угольные треугольники, въ которыхъ h и a, b, c суть катеты. Разсмотрѣвъ эти треугольники, выводимъ слѣдующія замѣчанія: 1) штрихамъ равной длины соответствуютъ равные углы наклоненія; 2) неравнымъ штрихамъ соответствуютъ неравные углы наклоненія, а именно короткому штриху большій уголъ, а длинному — меньшій уголъ.

Когда горизонтали представляютъ двѣ параллельныя прямыя (фиг. 346), тогда штрихи вычерчиваются параллельными между собою чертами равной длины и толщины. Когда горизонтали представляютъ двѣ кривыя (фиг. 347), параллельныя между собою, тогда штрихи вычерчиваются непараллельными между собою чертами, но равной длины и толщины. Когда горизонтали (фиг. 348) представляютъ прямыя, непараллельныя между собою (крутизна ската неодинакова), тогда штрихи вычерчиваются прямыми, параллельными между собою чертами, но неодинаковой длины и толщины. Когда

фиг. 346.



фиг. 347.



фиг. 348.



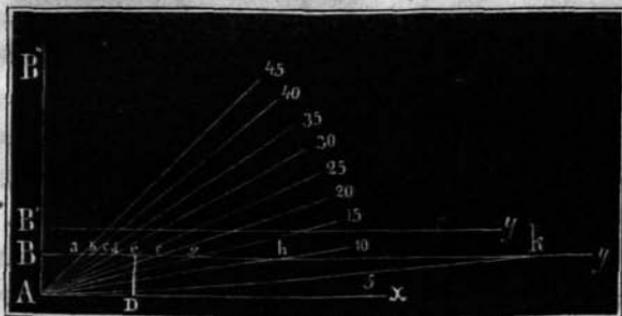
Фиг. 349.



горизонтали (фиг. 349) представляют кривыя, непараллельныя между собою, и крутизна ската неодинакова, тогда штрихи вычерчиваются кривыми, непараллельными между собою неодинаковой длины и толщины.

Чтобы съ точностью вычерчивать криволинейные штрихи, должно провести между опредѣленными горизонталями промежуточные $ab, cd...$ (фиг. 349). Кривыя, образуемая сѣченіями горизонтальныхъ плоскостей, называются *главными горизонталями* въ отличіе отъ *промежуточныхъ*. Черченіе горъ вообще извѣстно подѣ названіемъ *черченія ситуациі*.

§ 150. Отношенія разстояній между горизонталями къ угламъ наклоненія могутъ быть выражены графически. На прямой AX (ф. 350) строить при точкѣ A углы отъ 5° до 5° , изъ A возсталяютъ перпендикуляръ AB'' и откладываютъ



на немъ часть AB , равную вертикальному разстоянію h между горизонталями; черезъ точку B провести прямую Bv параллельно къ AX , получимъ точки пересѣ-

ченія линіи Bv со сторонами нанесенныхъ угловъ. Тогда разстоянія $Va, Vb, Vc, Vd, Ve, Vf, Vg$ соотвѣтствуютъ угламъ въ $45^\circ, 40^\circ, 35^\circ, 30^\circ, 25^\circ, 20^\circ, 15^\circ$. При разстояніи AB' между горизонталями получаютъ другія величины. Это построеніе называется *масштабомъ для горизонталей*. Если между двумя горизонталями AB и CD (фигура 351) извѣстенъ при точкѣ S уголъ α наклоненія по-

Фиг. 351.



катости, то углы наклоненія при точкахъ C, Q, R, P, \dots опредѣлятся слѣдующимъ образомъ: построивъ масштабъ (фигура 350) для горизонталей, откладываютъ отъ точки A до D длину штриха, проходящаго черезъ S ; изъ D возсталяютъ перпендикуляръ De

къ прямой AX до пересѣченія e съ стороною даннаго угла α ; тогда De означаетъ вертикальное разстояніе между горизонталями. Проведя черезъ e прямую Bv параллельно къ AX , получимъ длины Va, Vb, \dots ,

соотвѣтствующія угламъ въ 45° , 40° , 35° Взавъ въ соображеніе кривизну штриховъ, сравниваютъ ихъ длины съ длинами Va , Vb ... Означивъ чрезъ s длину штриха, проходящаго чрезъ точку C , при которой уголъ наклоненія равенъ 25° , получимъ высоту h между горизонтальными сѣченіями изъ пропорціи $h : s = \frac{1}{11} : \frac{1}{5}$ (см. табл. I);

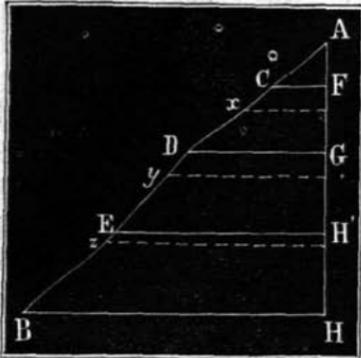
откуда $h = \frac{5}{11} s$. Длина штриха, соотвѣтствующаго углу въ 5° равна $5s$; отсюда выводятся длины штриховъ, соотвѣтствующихъ прочимъ угламъ наклоненія. Такъ какъ горизонтали опредѣляются только съ приближенною точностью, то при этомъ дѣйствіи употребляютъ инструменты, легкіе и удобные для переноски, именно высотомѣры (§ 67). Употребляя высотомѣръ Шмалькальдера, возможно опредѣлить точки одного и того-же горизонтальнаго сѣченія слѣдующимъ образомъ: ставъ съ инструментомъ въ точкѣ A (ф. 352) и приведя колимаціонную плоскость діоптровъ въ горизонтальное по-

•фиг. 352.

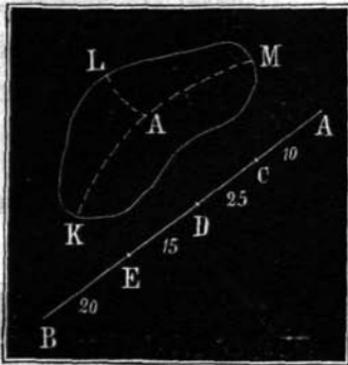


ложеніе, ставятъ въ точкѣ B колъ высотой, равною высотѣ глаза наблюдателя; при этомъ должно колъ B передвигать до тѣхъ поръ, пока лучъ зрѣнія, направленный чрезъ діоптры, встрѣтитъ вершину кола B ; тогда точки A и B поверхности горы лежатъ на одной горизонтальной плоскости. Такимъ-же образомъ можно найт точку C , находящуюся на одномъ уровнѣ съ точками A и B , и слѣдовательно на одномъ горизонтальномъ сѣченіи. Этотъ способъ, требующій много времени и не доставляющій желаемой точности, нынѣ отвергнуть всѣми военными съемщиками. Другой болѣе точный способъ, и употребляемый съ пользою при мензульной съемкѣ, состоитъ въ слѣдующемъ: вершины горъ, какъ наиболѣе возвышенныя точки мѣстности, служатъ преимущественно главными точками сѣти, и слѣдовательно опредѣляются при составленіи треангуляціи. Подошвы горъ наносятся на планъ съ прочими подробностями. Имѣя на планѣ эти данныя, съемщикъ опредѣляетъ направленіе линіи наибольшаго паденія. Положимъ, что на планѣ означена линія AB (фиг. 353) наибольшаго паденія. Такъ какъ горизонтальное разстояніе VH извѣстно,

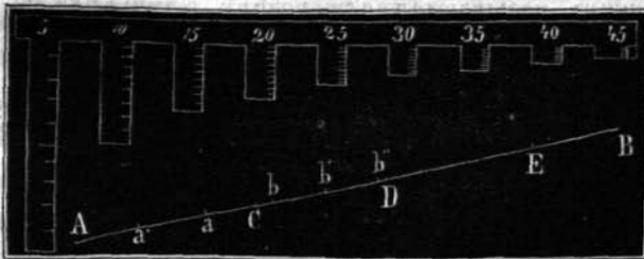
Фиг. 353.



Фиг. 354.



Фиг. 355.



то, измеривъ вертикальный уголъ АВН, можно опредѣлить высоту АН, именно $АН = ВН \cdot \text{tang} АВН$. По найденной высотѣ АН легко ее раздѣлить на разстояніе α между горизонтальными сѣченіями и найти число ихъ n . Въ точкахъ С, D, E линіи наибольшаго паденія, гдѣ измѣняются углы ея наклоненія, ставятъ колья. Въ этихъ точкахъ съемщикъ опредѣляетъ вертикальные углы АСF, CDG, DEH'... и полученные градусы записываетъ на брульонѣ (Фиг. 354). Въ то же время помощникъ опредѣляетъ горизонтальныя разстоянія между точками А и С, С и D, D и E... (Ф. 353). Эти разстоянія съемщикъ откладываетъ на брульонѣ (Ф. 354). Такимъ же образомъ опредѣляютъ точки на линіяхъ АК, AL... наибольшаго паденія. Нанеся на планъ опредѣленные точки С, D..., можно было бы приступить къ вычерчиванію ситуаціи,

потому что направленіе штриховъ опредѣлится по нанесеннымъ линіямъ наибольшаго паденія и толщина ихъ по отношеніямъ. Но для облегченія съемщикъ проводитъ горизонтали съ помощью особой линейки. Эта линейка дѣлается изъ толстой бумаги; на ней вырѣзаются выступы (Фигура 355), длина которыхъ опредѣляется по известнымъ: разстоянію между горизонталями, масштабу съемки и углу наклоненія; такъ и

примѣръ, при масштабѣ 100 саж. въ дюймѣ, и при разстояніи между горизонталями въ сажень, получатся выступы слѣдующей длины:

Для угловъ накло- ненія :	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
Длина выступовъ :	11	5,5	3,6	2,75	2,2	1,57	1,37	1,2	1

Каждый выступъ раздѣляется черточками на 10 равныхъ частей.

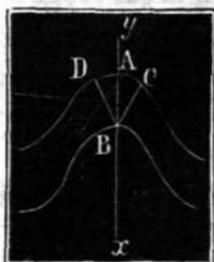
Положимъ, что между точками А и В (фиг. 355) опредѣлены разстоянія АС, СD, DE... и углы наклоненія при точкахъ С, D, E... Для опредѣленія горизонталей откладываютъ между А и С длину выступа, соответствующаго 15° столько разъ, сколько возможно до точки *a* и опредѣляютъ разстояніе *aC* въ десятыхъ доляхъ этого выступа; пусть $aC = 0,7$ этого выступа. Слѣдующая горизонталь должна отстоять отъ точки С не на длину выступа, соответствующаго 20°, но только на 0,3 этого выступа. Отложивъ $Cb = 0,3$, откладываютъ отъ *b* выступъ, соответствующій 20°, столько разъ, сколько возможно до точки *b''*. Опредѣливъ разстояніе $b''D = 0,2$, узнаемъ, что слѣдующая горизонталь отстоитъ отъ точки D на 0,8 выступа, соответствующаго 25°. Когда такимъ образомъ опредѣлены точки горизонталей по всѣмъ линіямъ наибольшаго паденія, то остается только соединить соответствующія точки кривыми такъ, чтобы выразились хребты, лощины и овраги. Построенная линейка съ выступами годилась-бы также къ употребленію при масштабѣ 200 сажень и при разстояніи между горизонталями въ 2 саж.; также при масштабѣ 500 саж. и при 5 саж. между горизонталями и т. д.

§ 151. *О лощинахъ.* Два ската, пересѣкаясь, образуютъ лощину. Скаты, образующіе лощину, называются ея *сторонами*, а линія ихъ пересѣченія—*линіею лощины*. Правила, по которымъ должно изображать лощины на бумагѣ, зависятъ отъ угловъ наклоненія линіи лощины, сторонъ лощины и угловъ, подъ которыми штрихи пересѣкаютъ линію лощины.

1) Когда штрихи пересѣкаютъ линію лощины подъ прямыми углами, тогда она имѣетъ горизонтальное положеніе, потому-что всякая линія, составляющая съ штрихами прямые углы, горизонтальна.

2) Когда углы, составляемые штрихами съ линіею лощины, острые или тупые, тогда она представляетъ наклонную. Если штрихъ ВС

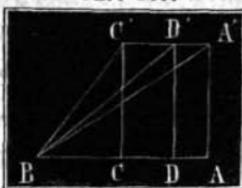
Фиг. 356.



(Фиг. 356) составляет съ линією xu лощины уголъ $СВx$, то горизонталь, проходящая чрезъ точку $С$, пересѣчетъ линію xu въ точкѣ $А$; очевидно, что $А$ лежитъ выше $В$, слѣдовательно линія xu склоняется въ ту сторону, въ которую обращенъ тупой уголъ $СВx$.

3) Уголъ наклоненія линіи лощины всегда меньше угловъ наклоненія обоихъ скатовъ. Дѣйствительно линія $АВ$ лощины образуетъ съ линіями $ВС$ и $ВD$ наибольшаго паденія и съ горизонталью, проходящею чрезъ точку $А$, прямо-

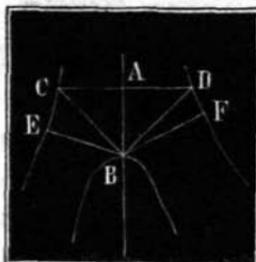
Фиг. 357.



угольные треугольники, въ которыхъ $АВ$ длиннѣе, чѣмъ $ВС$ и $ВD$. Начертивъ (Фиг. 357) треугольники, имѣющіе основаніями прямыя $АВ$, $ВС$, $ВD$ и равныя высоты, узнаемъ, что $\angle АВА' < \angle ABD'$ и $\angle АВА' < \angle АВС'$.

4) Чѣмъ меньше углы, составляемые линією наибольшаго паденія сторонъ съ линією лощины, тѣмъ болѣе уголъ наклоненія сей послѣдней. Положимъ, что линія $АВ$

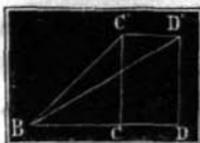
Фиг. 358.



(Фиг. 358) наибольшаго паденія пересѣкаетъ въ точкѣ $В$ двѣ линіи лощины: $ВС$ подъ угломъ m , и $ВD$ подъ угломъ o ; тогда горизонталь, проходящая чрезъ точку $А$, должна пересѣкать линіи лощины въ точкахъ $С$ и $Д$ и образовать два прямоугольные треугольника $АВС$ и $АВD$. Начертимъ

(Фиг. 359) треугольники $ВСС'$ и $ВDD'$, въ которыхъ линіи $ВС$ и $ВD$ суть основанія, а $СС' = DD'$, высоты. Если уголъ m меньше угла o , то $ВС$ короче $ВD$, и слѣдовательно уголъ наклоненія линіи $ВС$ лощины болѣе угла наклоненія линіи $ВD$.

Фиг. 359.

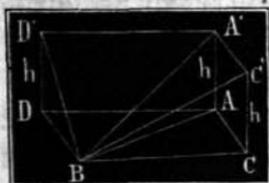


5) Если линіи наибольшаго паденія скатовъ, составляющихъ лощину, имѣютъ равныя углы наклоненія, то они пересѣкаютъ линію лощины подъ равными углами; если-же линіи наибольшаго паденія составляютъ неравныя углы наклоненія, то та изъ нихъ, которая имѣетъ болѣе большой уголъ паденія, составляетъ съ линією лощины болѣе большой уголъ. Линія лощины, пересѣкаясь съ линіями наибольшаго паденія, образуетъ съ горизонталью, проходящею чрезъ высшую точку линіи лощины, прямоугольные треугольники. Если

линіи АВ и ЕВ (фиг. 358) наибольшаго паденія, пересѣкая линію СВ подъ углами m и n , составляютъ равные углы α и β паденія, то $AB = EB$ и $\triangle ABC = \triangle BCE$, и слѣдовательно $\angle m = \angle n$. Если-же линіи АВ и FB наибольшаго паденія, составляющія съ линіею DB лощины углы o и p , имѣютъ неравные углы α и β' паденія, то при $\alpha > \beta'$ будетъ АВ менѣе ВF. Описавъ на ВD окружность, она должна проходить чрезъ точки А и F; а такъ какъ меньшей хордѣ соответствуетъ меньшій уголъ, то получимъ $\angle ABD < \angle FBD$ и слѣдовательно $o > p$.

Выразимъ зависимость между пятью частями лощины, т. е. между углами α и β наклоненія скатовъ, угломъ γ наклоненія линіи лощины и углами m и n , составляемыми линіею лощины съ линіями

фиг. 360.



наибольшаго паденія. Для этого построимъ (фиг. 360) треугольники VAA' , BCC' и BDD' , имѣющіе равную высоту h и въ которыхъ линіи АВ лощины и линіи ВС и ВD наибольшаго паденія служатъ основаніями. Такъ какъ эти треугольники прямоугольны, то имѣемъ $h =$

$AB \cdot \text{tg } \gamma = BC \cdot \text{tg } \alpha = BD \cdot \text{tg } \beta$. Также изъ прямоугольныхъ треугольниковъ ABC и ABD получимъ

$$BC = AB \cdot \text{Cos } m \text{ и } BD = AB \cdot \text{Cos } n.$$

Вставляя послѣднія величины въ выраженія для h , получимъ $\text{tang } \gamma = \text{Cos } m \cdot \text{tg } \alpha = \text{Cos } n \cdot \text{tg } \beta$.

§ 152. Обыкновенный способъ черченія ситуациі безъ точнаго проведенія горизонталей, употребляемый весьма часто по скорости и легкости самаго производства, состоитъ въ слѣдующемъ: чертятъ на планѣ во время нанесенія подробностей мѣстности: основанія горъ, ихъ хребты, овраги и лощины, а также ихъ вершины; потомъ, ставъ

фиг. 361.



на вершину А (фиг. 361) горы, означаютъ на глазъ направленіе линіи наибольшаго паденія, опредѣляютъ на глазъ или высотомѣромъ углы ихъ наклоненія, измѣряютъ на глазъ разстоянія между точками, въ кото-

рыхъ измѣняется крутизна ската, и записываютъ найденныя величины на планѣ, такъ на примѣръ, по линіи ab отложены части ad , dc и cb для опредѣленія точекъ d и c , въ которыхъ измѣняется уголъ наклоненія линіи ab наибольшаго паденія; при ad записанъ уголъ ея наклоненія, т. е. 5° , при cd уголъ въ 10° , при bc уголъ въ 15° и т. д., а пер-

пендикулярно къ главному направленію скатовъ проводятъ горизонтали. Зная толстоту штриховъ, соответствующихъ извѣстнымъ угламъ наклоненія, вычерчиваютъ штрихи по направленію, перпендикулярно му къ проведеннымъ горизонталямъ.

При съемкѣ горъ должно руководствоваться слѣдующими правилами:

1) Ставъ на всѣхъ возвышенныхъ вершинахъ, снимаютъ на глазъ или засѣчками верхнюю часть горы, представляющую площадку.

2) вмѣстѣ съ производствомъ съемки подробностей наносятъ хребты, лощины и основаніе горы. Хребтами различныя горы приводятся въ соединеніе, а лощинами и оврагами они разъединяются. Этимъ получается очеркъ всѣхъ неровностей, облегчающій нанесеніе отлогостей.

3) При съемкѣ отлогостей избираютъ для точекъ стоянія такія мѣста, въ которыхъ форма горы представляется наиболѣе выразительною, т. е. гдѣ крутизна измѣняется, или находятся выступныя и вдающіяся части.

4) На каждой точкѣ стоянія означаютъ линію наибольшаго паденія и число градусовъ угловъ ея наклоненія.

5) Тѣ мѣста, въ которыхъ уголъ наклоненія измѣняется 5 градусами, должно означать на планѣ съ особенною точностью.

6) Переходя изъ одной точки стоянія на другую, должно осматривать окружающую мѣстность для того, чтобы получить ясное понятіе о формѣ ея. Мѣстность, осматриваемая изъ различныхъ точекъ, представляется въ различныхъ видахъ, дающихъ возможность выразить общій ея характеръ.

7) По нанесеніи какой-нибудь части мѣстности, должно сравнивать полученное изображеніе съ природою для того, чтобы узнать, выражень-ли характеръ ея надлежащимъ образомъ.

§ 153. Если съемка производится въ виду непріятеля, или если требуется составить очеркъ страны въ непродолжительное время, тогда она не можетъ представлять той точности и подробности, какъ съемка, произведенная при достаткѣ времени. Въ такомъ случаѣ наносится болѣшая часть подробностей на глазъ, а потому ее называютъ вообще *глазѣрною*; съемку, производимую съ военною цѣлью, называется *военно-глазѣрною*. (*)

(*) Эта статья заимствована изъ записокъ, составленныхъ при Императорской военной Академіи.

Военно-глазомѣрная съемка отличается отъ инструментальной:

1) *По способамъ производства.* По краткости времени, а иногда по недостаткамъ средствъ нельзя наносить всѣ предметы даннаго участка; въ такомъ случаѣ должно опредѣлить только предметы, въ особенности важные въ военномъ отношеніи. Изъ этихъ предметовъ, должно обращать наиболѣе вниманія на дороги, какъ средства, способствующія къ удачному движенію войскъ; потому должно при глазомѣрной съемкѣ наносить сначала дороги, а потомъ предметы около нихъ лежащіе. Крімъ того дороги удобнѣе снимать, потому-что на нихъ встрѣчается менѣе препятствій.

2) *По роду употребляемыхъ инструментовъ.* Въ военное время съемщикъ работаетъ по болѣе части одинъ безъ помощника; а потому онъ долженъ употреблять инструменты легкіе и удобные для переноски; они ему служатъ только для избѣжанія грубыхъ ошибокъ. При производствѣ глазомѣрной съемки употребляются малыя складныя мензулы, буссоли Шмалькальдера и Бюрньера, (§§ 74, 75), экеры, карманный секстантъ и рефлекторъ Дугласа (§§ 71, 72).

3) *По степени подробностей и роду наносимыхъ предметовъ.* Въ глазомѣрной съемкѣ должно не столько обращать вниманіе на видъ и величину предметовъ, сколько на изображеніе характера мѣстности; вообще снимать предметы важные въ военномъ отношеніи, даже такіе, которые по данному масштабу нельзя было-бы изобразить на планѣ, на примѣръ столбы, камни, деревья и т. п.

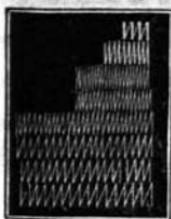
4) *По способу нанесенія ситуаціи.* Должно наносить только главнѣйшія видоизмѣненія и выражать общій характеръ мѣстности. Неровности снимаемой мѣстности наносятся по линіямъ наибольшаго паденія, и ситуацію вычерчиваютъ безъ помощи горизонталей. При нанесеніи горъ съемщикъ долженъ руководствоваться слѣдующимъ: сначала наносятъ направленіе главнаго хребта и въ немъ находящіяся вершины; далѣе хребты, находящіяся въ связи съ главнымъ хребтомъ и здѣсь находящіяся вершины; потомъ опредѣляютъ направленіе лощинъ и овраговъ, и проводятъ линіи наибольшаго паденія.

На планахъ, составляемыхъ въ военное время, достаточно выражать отлогости слѣдующихъ четырехъ разрядовъ:

- а) покатости, которыхъ уголъ наклоненія не болѣе 10° , т. е. доступныя всѣмъ родамъ войскъ;
- б) покатости отъ 10° до 20° , доступныя кавалеріи и пѣхотѣ;
- в) покатости отъ 20° до 35° , доступныя только пѣхотѣ; и
- д) покатости, которыхъ уголъ наклоненія болѣе 35° и которыя доступны никакому роду войскъ для движенія въ порядкѣ.

Самое вычерчиваніе ситуациі, удобо-исполнимое при производствѣ быстрыхъ съемокъ, производится слѣдующимъ образомъ: держа карандашъ, какъ для письма, водятъ его по бумагѣ вверхъ и внизъ непрерывнымъ движеніемъ руки. Шкала этого способа черченія (Krokiq-Manier) изображена на фигурѣ (362). Характеръ мѣстности, изображенный этимъ способомъ черченія, представляется болѣе выразительнымъ; самое черченіе требуетъ весьма немного времени и притомъ можетъ быть произведено, когда съемщикъ работаетъ, сидя на лошади.

фиг. 362.



5) *По масштабѣ.* Для съемки позицій принять масштабъ отъ 200 до 250 саж., а для маршрутовъ отъ 1 до 2 верстѣ. Составляя планы глазомѣрной съемки, имѣть возможности изобразить на нихъ всѣ необходимыя предметы и нѣкоторыя замѣчательности сихъ послѣднихъ; а потому должно къ плану прилагать записки, въ которыхъ замѣчаются состояніе и степень проходимости дорогъ въ разныя времена года, состояніе береговъ, мостовъ и т. п.

§ 154. Въ военно-глазомѣрной съемкѣ разстоянія измѣряются: 1) шагомъ человѣка или лошади, 2) временемъ, и 3) глазомѣромъ.

1) При измѣреніи разстояній шагами должно соблюдать, чтобы они были равны и, чтобы величина ихъ находилась въ извѣстномъ отношеніи съ какою-нибудь единицею длины. Для этого измѣряютъ шагами какое-нибудь разстояніе, напередъ опредѣленное измѣреніемъ цѣпью; для примѣра положимъ, что разстояніе въ 65 сажень длины измѣрено шагами три раза и найдено, что оно равно 156 шагамъ; слѣдовательно каждыя 24 шага составляютъ 10 сажень. Для удобства считаютъ шаги чрезъ шагъ, т. е. постоянно подъ правую или лѣвую ногу. Чтобы не сбиться въ счетѣ шаговъ, полезно употреблять снарядъ, называемый *педометромъ*; онъ состоитъ изъ коробки, заключающей механизмъ и циферблатъ съ нѣсколькими стрѣлками; однѣ показываютъ единицы, другія десятки, сотни и т. д. шаговъ. Сна-

ружки находится ручка, которою можно приводить стрѣлки въ движеніе. Съемщикъ, прикрѣпляя инструментъ къ платю, соединяетъ ручку инструмента посредствомъ шнура съ ногою. При каждомъ шагѣ съемщикъ дергаетъ ногою за ручку, и слѣдовательно приводитъ въ движеніе стрѣлки. Чтобы разстояніе, измѣренное шагами, нанести на планъ, должно полученное число шаговъ обратить въ сажени, а потомъ отложить по масштабу найденное число сажень. Но всего удобнѣе составить масштабъ шаговъ; полагая, что съемка должна быть произведена въ масштабѣ 200 сажень, и зная, что 24 шага составляютъ 10 сажень, или 200 шаговъ = 83 саженямъ, откладываютъ длину 83 саж. по двусотенному масштабу и принимаютъ ее за единицу масштаба; построивъ на ней поперечный масштабъ, возможно по немъ откладывать наименьшія длины, соответствующія 2 шагамъ.

2) Когда имѣется довольно времени, тогда разстоянія удобнѣе измѣрять шагами, но въ весьма быстрыхъ съемкахъ находятъ искомыя длины по времени, употребленному на пробѣздъ. Для этого съемщикъ замѣчаетъ разстоянія, пробѣгаемая лошадью въ 1 часъ галопомъ, тихою или скорою рысью. Для нанесенія опредѣленныхъ разстояній на планъ, должно составить масштабъ слѣдующимъ образомъ: положимъ, что лошадь тихою рысью пробѣгаетъ $7\frac{1}{2}$ версты въ 1 часъ, слѣдовательно 625 саж. въ 10 минутъ. Произведи съемку въ масштабѣ 500 сажень въ дюймѣ, откладываютъ на немъ длину 625 сажень и принимаютъ ее за единицу новаго масштаба. Сотая доля вновь построеннаго масштаба выражаетъ разстояніе, пробѣгаемое лошадью въ 0,1 минуты.

3) Опредѣленіе разстояній посредствомъ глазомѣра значитъ найти ихъ длины на глазъ. Вѣрность опредѣленія разстояній на глазъ приобретается навыкомъ. Для этого должно, при производствѣ мензульной съемки, оцѣнивать на глазъ длины сторонъ и величины угловъ треугольниковъ снимаемаго участка, а потомъ сравнивать эти величины съ соответствующими длинами и углами на планѣ, прибѣгая къ масштабу и транспорту. Должно приучить глазъ къ опредѣленію длины линій не только изъ конца, но также изъ другихъ точекъ ея. Опредѣленіе разстояній весьма отдаленныхъ предметовъ представляетъ болѣе затрудненій; они опредѣляются: 1) по углу зрѣнія, 2) сравненіемъ съ промежуточными предметами, и 3) по степени освѣщенія.

а) Опредѣленіе разстояній по углу зрѣнія весьма неточно, пото-

му-что съ значительнымъ измѣненіемъ ихъ, уголъ зрѣнія измѣняется весьма мало;

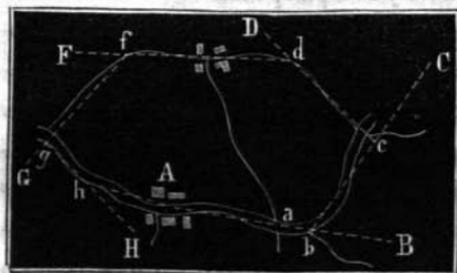
в) чѣмъ менѣе промежуточныхъ предметовъ, тѣмъ менѣе кажутся и разстоянія;

с) опредѣленіе разстояній по степени освѣщенія также неточно, ибо если одинъ изъ двухъ предметовъ, одинаково отдаленныхъ, освѣщенъ болѣе другаго, то менѣе освѣщенный кажется находящимся далѣе.

§ 155. *Съемка позицій.* При военно-глазобѣрной съемкѣ принимается за правило измѣрять линіи по дорогамъ, а предметы, лежащіе по сторонамъ дорогъ, опредѣлять засѣчками на глазъ. Изъ этого правила дѣлаютъ исключеніе, когда дорога значительно уклоняется отъ прямолинейнаго направленія; тогда должно проходить по линіямъ, избраннымъ въ недалекомъ разстояніи отъ дороги. Самое производство съемки зависитъ отъ рода употребляемыхъ инструментовъ и отъ времени, данному для съемки.

1) *Съемка буссолью.* Для удобнѣйшаго нанесенія магнитныхъ азимутовъ и измѣренныхъ разстояній, составляютъ на бумагѣ сѣтку изъ равныхъ квадратиковъ, которыхъ бока равны 0,1 дюйма; края этой бумаги наклеиваются на картонъ. Употребленіе бусселей и нанесеніе азимутовъ по транспортиру объяснено въ §§ 76, 93.

Положимъ, что требуется снять участокъ, представленный на чертежѣ (363). Начинаютъ работу отъ



точки А, означающей на мѣстности домъ; на бумагѣ наносятъ эту точку такъ, чтобы весь участокъ могъ на ней помѣститься. Ставъ въ точкѣ А, наводятъ лимбъ буссоли по дорогѣ на какой-нибудь предметъ В; опредѣляютъ магнитный азимуть линіи АВ и наносятъ его на бумагу; потомъ идутъ по направленію АВ и отсчитываютъ число шаговъ. Предметы, лежащіе по обѣ стороны линіи АВ, а также и ситуацію наносятъ на глазъ.

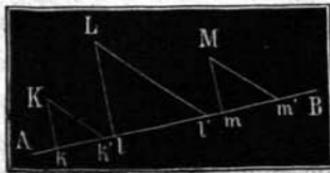
Дойдя до точки а, замѣчаемъ, что влѣво отходитъ дорога; если она мала, не проходитъ чрезъ важныя мѣста и притомъ мало времени, то опредѣляютъ магнитный азимуть ея направленія, а изгибы срисовываютъ на глазъ, и продолжаютъ идти до точки в. При этой точкѣ на-

носить дорогу, идущую вправо, какъ въ предыдущемъ случаѣ. Если бы съемщикъ продолжалъ идти далѣе до точки В, то слишкомъ уклонился бы отъ дороги; а потому должно при *b* измѣнить направленіе и визировать на отдаленный, но ясно видимый предметъ С. Нанеся магнитный азимуть линіи *bC*, идти по направленію этой линіи. Дойдя до точки *c*, замѣчаютъ, что при ней отходятъ двѣ дороги, изъ которыхъ одна пролегаетъ чрезъ деревню; потому съемщикъ, оставляя большую дорогу, направляетъ линіи визированія по дорогѣ, ведущей въ деревню. Точно такимъ-же образомъ опредѣляютъ азимуты въ точкахъ *d*, *f*, *g*... стоянія. Дойдя опять до точки А, получаютъ на бумагѣ все пространство, заключенное между дорогами. Чтобы продолжать работу, идутъ опять по большой дорогѣ отъ точки *c*, стараясь примкнуться къ опредѣленнымъ уже предметамъ; это даетъ средство повѣрить самую работу и осмотрѣть нанесенные предметы со всѣхъ сторонъ. Изъ этихъ правилъ дѣлаютъ исключеніе при съемкѣ боевыхъ позицій, значительно отдаленныхъ отъ дорогъ; въ такомъ случаѣ снимаютъ линію фронта и глубину позицій.

2) *Съемка мензулою*. Мензулы, употребляемыя въ военно-глазотѣрской съемкѣ бываютъ различнаго устройства. Приготовленные у насъ въ Россіи для съемокъ въ Турецкой кампаніи состояли изъ доски съ стержнемъ, насаживаемой на треногу, и закрѣпленной станковымъ винтомъ. Къ доскѣ прикрѣплялась коробка съ длинною магнитной стрѣлкою; алидада состояла изъ трубы, наглухо прикрѣпленной къ линейкѣ; на трубѣ находился уровень для приведенія доски въ горизонтальное положеніе. Доска мензулы, изобрѣтенной Генералъ-Адъютантомъ Фельдманомъ, дѣлается изъ трехъ частей, складываемыхъ посредствомъ шарнировъ; она помѣщается со всѣми принадлежностями въ небольшемъ ящикѣ, для удобнѣйшей переноски. Ножки придѣлываются на мѣстѣ съемки изъ простыхъ колець. Во многихъ случаяхъ можно приготовить мензулу самому; для этого стоитъ только взять выструганную доску и придѣлать съ одной стороны къ ея срединѣ деревянную трубочку, которою доска насаживается на колъ; алидаду можно замѣнить деревянною линейкою съ придѣланными на ея концахъ шпильками.

Съемка мензулою отличается отъ съемки буссолью тѣмъ, что 1) мензула въ каждой точкѣ стоянія должна быть сначала ориентирована посредствомъ буссоли (§ 86), а потомъ уже наводятъ линіи визиро-

фиг. 366.



визируя чрезъ два смежные діоптра на тѣ же предметы, получатся точки k' , l' , m' ; тогда линіи Kk' , Ll' , Mm' визированія составятъ съ AB углы въ 45° . Измѣривъ шагами разстоянія kk' , ll' , kl , lm и mm' , откладываютъ на бумагѣ полученныя длины kl ,

$lm...$ по прямой AB , и kk' , ll' , mm' по перпендикулярамъ kK , lL , mM .

5) *Съемка позицій безъ инструмента.* Вообще принимается, что съемщикъ до начала работы снабженъ требуемыми инструментами; въ случаѣ если у него не имѣется никакого инструмента, то весьма нетрудно самому построить эккеръ или мензулу. Но иногда требуется производить съемку въ скорѣйшее время и въ виду или даже подъ выстрѣлами непріятеля; тогда невозможно употреблять инструментовъ. Положимъ, что требуется снять боевую позицію, что буссоль или компасъ употребляется только для опредѣленія странъ свѣта и, что съемщикъ работаетъ верхомъ. Ставъ въ какой нибудь точкѣ A мѣстности, наносятъ ее на бумагу, ориентируютъ картонку относительно странъ свѣта и замѣчаютъ по направленію стрѣлки какой-нибудь предметъ; наводятъ линіи визированія на замѣчательнѣйшіе предметы $B, C, D...$ и наносятъ на бумагу разстоянія $AB, AC...$ на глазъ. Изъ точки A съемщикъ отправляется въ другую точку A' , останавливаясь отъ времени до времени для того, чтобы снять предметы, лежащіе по обѣ стороны линіи AA' . Ориентировавъ картонку въ точкѣ A' , опредѣляютъ такимъ же образомъ точки $G, H, K...$ мѣстности. Число точекъ $A, A'...$ стоянія зависитъ отъ мѣстности: на мѣстности открытой можно опредѣлить всѣ важныя точки изъ одной точки стоянія; на мѣстности закрытой нужно иногда болѣе трехъ точекъ стоянія. Остальное зависитъ отъ опытности съемщика, отъ умѣнія оцѣнить важность мѣстныхъ предметовъ и отъ степени знанія Тактики.

§ 156. Весьма часто имѣтъ возможности ориентироваться посредствомъ буссоли или компаса; тогда ориентируютъ планшетку по тѣни. Для этого должно опредѣлить приблизительно уголъ, составляемый направлеціемъ тѣни съ меридіаномъ (§ 117); этотъ уголъ есть ничто иное, какъ азимутъ солнца, считаемый отъ юга къ востоку или къ западу. Величины азимута вычислены для каждаго часа отъ восхожденія солнца до полудня; отъ полудня до захожденія солнца эти величины повторяются для каждаго часа въ обратномъ порядкѣ. Эти величины

вычислены съ достаточною точностью для каждаыхъ трехъ часовъ дня. Таблица эта достаточна для нѣсколькихъ лѣтъ.

Имѣя такую таблицу, должно стать лицомъ по направленію тѣни: по часамъ опредѣляютъ величину азимута, соотвѣтствующую времени наблюденія; эту величину наносятъ на землѣ отъ тѣни къ сѣверу, т. е. до полудня вправо, а по полудни влѣво отъ тѣни. Ориентированіе по тѣни производится еще слѣдующимъ образомъ: воткнувъ въ картонку (фиг. 367) въ отвѣсномъ положеніи иглу, чертятъ на бумагѣ направленіе тѣни для каждаго часа и отмѣчаютъ часъ, соотвѣтствующій каждой пзъ проведенныхъ линій. Для ориентированія картонки въ какой-нибудь точкѣ стоянія, на примѣръ въ 3 часа по полудни, стоитъ только картонку поворачивать на рукѣ до тѣхъ поръ, пока тѣнь совмѣстится съ линіею, означенною цифрою 3.



§ 157. *Съемка маршрутовъ* производится только по дорогамъ слѣдующими инструментами: буссолю, мензулою, компасомъ, эскеромъ и безъ инструментовъ. Маршруты снимаются съ различною цѣлью: 1) для составленія картъ военныхъ съемокъ, 2) для слѣдованія войскъ, и 3) для Высочайшихъ вояжей.

Маршрутъ для *слѣдованія войскъ* долженъ показать послѣдовательность предметовъ, лежащихъ по сторонамъ дороги, для того, чтобы на каждомъ шагу возможно было-бы опредѣлить, гдѣ войска находятся, сколько прошли и сколько осталось пройти. По этому главное вниманіе съемщика должно быть обращено на окрестъ лежашіе предметы, и не должно упускать самые мелочные предметы. Мѣстность по сторонамъ снимаютъ, какъ она съемщику представляется. Вообще снимаютъ ее на двѣ версты отъ дороги; но это относится только къ мѣстности открытой; если же она покрыта лѣсомъ, то должно уменьшить разстоянія. Кромѣ того должно обратить вниманіе на грунтъ земли и степень проходимости дороги всѣми родами войскъ во всѣ времена года; также должно показать препятствія, могущія остановить войска на пути ихъ слѣдованія, опредѣлить средство и число рабочихъ, требуемыхъ для уничтоженія препятствій. Подобныя замѣчанія записываются на особой бумагѣ или отмѣчаются условными знаками на поляхъ маршрута. Если снимаемая дорога очень дянна, то ее раздѣляютъ на переходы или станціи; каждый переходъ наносится на особомъ листѣ; такой листъ не долженъ быть длиннѣе 20 и ши-

ре 8 дюймовъ. Верстовые столбы должны быть нанесены въ своихъ мѣстахъ съ означеніемъ при нихъ числа верстъ; также должны быть показаны почтовые станціи, и селенія съ обозначеніемъ числа дворовъ и состоянія ихъ.

Съемка маршрутовъ производится при достаткѣ времени слѣдующимъ образомъ: сначала составляютъ масштабъ въ шагахъ. Взявъ буссолю направленіе изъ начальнаго пункта на отдаленный, но ясно-видимый предметъ вдоль по дорогѣ, измѣряютъ шагами по избранному направленію и опредѣляютъ всѣ предметы, по сторонамъ дороги лежащіе; дойдя до точки, въ которой дорога значительно уклоняется отъ взятаго направленія, откладываютъ пройденное разстояніе и берутъ новое направленіе вдоль по дорогѣ. Чтобы маршрутъ помѣстился на бумагѣ, должно сначала узнать направленіе его до селенія или станціи, гдѣ требуется его окончить; потомъ берутъ азимуть этого направленія и наносятъ его на бумагу такъ, чтобы маршрутъ улегся на ней. Полезно послѣ этого разбить весь листъ на квадратики.

При недостаткѣ времени разстоянія опредѣляются шагами лошади или временемъ. Самая съемка въ этомъ случаѣ производится слѣдующимъ образомъ: разспросивъ въ начальной точкѣ о главномъ направленіи дороги, наводятъ діоптры буссоли на ту точку, гдѣ должна находиться оконечность маршрута. Хотя это направленіе будетъ ошибочно, однако оно даетъ средство нанести положеніе маршрута относительно странъ свѣта. Во время слѣдованія по дорогѣ, съемщикъ останавливается въ нѣкоторыхъ точкахъ ея, наноситъ пройденное разстояніе, ориентировать картонку по компасу или тѣни и опредѣляетъ положеніе предметовъ, по сторонамъ лежащихъ. Относительно частныхъ подробностей можетъ быть достигаема нѣкоторая точность, но главные изгибы дороги представляются невѣрными. Для уничтоженія по возможности этихъ погрѣшностей, должно съ мѣстъ открытыхъ визировать на точки, уже опредѣленные и нанесенныя на бумагу. Визированіе на точки, въ которыхъ съемщикъ уже находился, весьма выгодно, ибо лучше узнаются знакомые уже предметы, нежели такіе, на которыхъ съемщикъ еще не находился. Магнитные азимуты не наносятся тотчасъ на бумагу; ихъ записываютъ на поляхъ маршрута вмѣстѣ съ примѣчаніями касательно нѣкоторыхъ подробностей. По пріѣздѣ на оконечность маршрута, съемщикъ тот-

часть-же долженъ перерисовывать составленный имъ чертежъ на чисто, чтобы, всѣ имъ сдѣланныя замѣтки представить съ ясностью. Сначала должно нанести тѣ точки, по сторонамъ дороги лежащія, по которымъ съемщикъ ориентировался. Взаимныя разстоянія между этими точками и азимуты этихъ разстояній извѣстны; слѣдовательно нанесеніе не представляетъ никакихъ затрудненій. По нанесеніи этихъ точекъ срисовываются всѣ частныя подробности. Наконецъ должно еще составить описаніе маршрута; въ немъ помѣщается все то, что на планѣ не можетъ быть изображено.

При съемкѣ маршрута нѣтъ надобности, чтобы изгибы дороги составляли на бумагѣ съ нордовою линіею, такіе углы, какіе они составляютъ на мѣстности съ магнитнымъ меридіаномъ; а потому достаточно употреблять компасъ. При этомъ, держа компасъ предъ собою въ одинакомъ положеніи, замѣчаютъ въ каждой точкѣ стоянія, измѣненіе угла, составляемаго стрѣлкою съ линіею NS. Углы эти должно наносить отъ магнитнаго меридіана въ сторону, противную уклоненію стрѣлки отъ черты NS. Посредствомъ компаса легко наносить направленіе линій визированія; для этого прикрѣпляютъ компасъ къ картонкѣ такъ, чтобы діаметръ NS былъ параллеленъ къ проведенной нордовой линіи. Ориентированіе картонки и опредѣленіе на бумагѣ линій визированія объяснено выше.

При самыхъ быстрыхъ съемкахъ иногда не употребляютъ никакого инструмента; тогда изгибы дороги и направленіе ея наносятся на глазъ, и соблюдается только послѣдовательность предметовъ, по сторонамъ дороги лежащихъ. Маршрутъ можетъ состоять только изъ замѣтокъ, на примѣръ, когда дорога пролегаетъ на мѣстности гористой.

ОТДѢЛЪ II.

ПРИЛОЖЕНІЕ НИЗШЕЙ ГЕОДЕЗИИ КЪ СТРОИТЕЛЬНОМУ ИСКУСТВУ.

§ 158. До возведенія на мѣстности какого-нибудь сооруженія, должно напередъ опредѣлить видъ ея поверхности и взаимное положеніе точекъ, на ней находящихся. Приступая къ самому построенію, означаютъ на данной мѣстности точки, опредѣленныя проектомъ; а во время производства самой работы повѣряютъ по данному проекту положеніе опредѣленныхъ на мѣстности точекъ. Отсюда можно заключить, въ чемъ состоитъ приложеніе дѣйствій низшей Геодезіи къ строительному искусству; эти дѣйствія служатъ: 1) для опредѣленія вида мѣстности, и измѣренія ея; 2) для начертанія давняго проекта на землѣ; и 3) для повѣрки линій нанесеннаго проекта во время производства работъ. Общее расположеніе сооруженія можно: 1) *прямо* разбивать на мѣстности, а потомъ уже перенести на бумагу; или 2) по составленному на бумагѣ проекту, наносить его линіи на мѣстность. Удобнѣйшій способъ, но требующій большаго навыка, состоитъ: 1) въ непосредственномъ означеніи на землѣ проекта послѣ обзрѣнія мѣстности, и 2) въ производствѣ съемки.

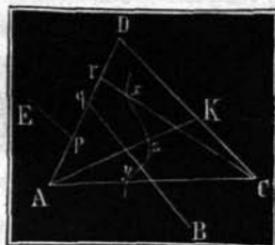
Чтобы означить общее расположеніе проекта на землѣ или на бумагѣ, нужно провести линіи, принадлежащія всѣмъ частямъ сооруженія. Можно принимать, что проектъ состоитъ изъ системы взаимно-пересекающихся поверхностей, изъ которыхъ нѣкоторыя пересекаютъ поверхность земли; эти линіи пересѣченія называются *линіями* проекта. По начертаніи линій общаго расположенія проекта на землѣ, получаютъ или самыя линіи или ихъ проекціи; на бумагѣ-же они представляютъ горизонтальныя проекціи. Вертикальная плоскость или вертикальная цилиндрическая поверхность, разсѣкающая проектъ

на двѣ симметрическія части, называется *плоскостью* или *поверхностью* *оси* проекта; пересѣченіе этой плоскости или поверхности съ поверхностью земли получаетъ названіе *оси* проекта; эту линію должно означать съ величайшей точностью, для того, чтобы относительно ея возможно было наносить общее расположеніе проекта. Нанесеніе на планъ линій проекта, начертанныхъ на землѣ, совершается въ одно время съ производствомъ съемки данной мѣстности. Означенныя на планѣ линіи проекта начертаются на землѣ по точкамъ ихъ пересѣченія съ боками треугольниковъ сѣти, и посредствомъ угловъ, составляемыхъ этими линіями. По начертаніи линій на землѣ, они снова наносятся на планъ. Отсюда можно вывести заключеніе, что вмѣстѣ съ производствомъ съемки мѣстности со всѣми на ней находящимися предметами, наносятся линіи, необходимыя для возведенія сооруженія.

Изгибы и неровности земной поверхности могутъ быть опредѣлены: 1) *профилью*, т. е. пересѣченіемъ мѣстности вертикальною плоскостью; или 2) пересѣченіемъ ея горизонтальными плоскостями.

§ 159. Съемку мѣстности начинаютъ составленіемъ сѣти геометрической (§§ 106 до 109) или тригонометрической (§§ 109 и т. д.). Слѣдовательно и здѣсь преимущественно употребляются мензула и теодолитъ. Часто встрѣчается строителю надобность составить изображение мѣстности въ весьма короткое время; тогда онъ производитъ глазомѣрную съемку (§§ 154, 155). Измѣреніе разстояній объяснено въ (§ 155). Ориентированіе картонки посредствомъ буссоли, компаса и по тѣни изложено въ (§ 156). По-

фиг. 368.



дробности снимаемой мѣстности могутъ быть нанесены слѣдующими способами: 1) если при опредѣленіи линіи AD (фиг. 368), въ точкахъ *p, q, r* видны предметы *B, C, E...*, то, измѣривъ разстоянія *гС, Bq...* шагами, опредѣляютъ на нихъ точки пересѣченія *x, y...* какого-ни-

будь контура; такимъ-же образомъ возможно опредѣлить точку *z* при измѣреніи разстоянія *AK*; 2) опредѣляютъ изъ возвышенной точки мѣстности окрестъ лежащіе предметы, подобно тому, какъ это дѣлается при нанесеніи подробностей изъ одной точки стоянія (§ 102). Глазомѣрную съемку можно производить мензулою, буссолью, компасомъ, эскеромъ и вовсе безъ инструментовъ (§ 155).

§ 160. Строители производят нивелирование большею частью для определения изгибовъ земной поверхности. Известно, что эта цѣль достигается двумя способами: 1) пересѣченіемъ мѣстности вертикальными плоскостями, и 2) горизонтальными. Первый способъ, по удобности своей, болѣе употребителенъ. Составленіе профилей объявлено въ (§ 142). При нивелировкѣ (фиг. 369) по оси проектовъ, ставить рейки въ равныхъ разстояніяхъ одну отъ другой; на мѣстности ровной, разстоянія между рейками принимаются отъ 50 до 50 сажень;

фиг. 369.



слѣдовательно на разстояніи одной версты будетъ 10 то-

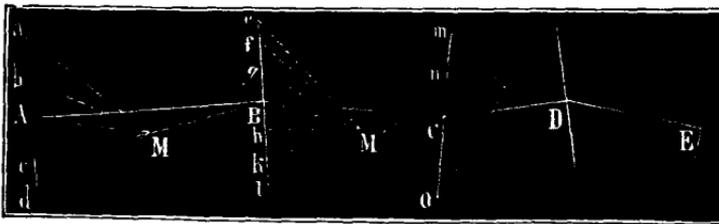
чекъ стоянія инструмента, или станцій. На концахъ каждой станціи ставятъ колышки, отмѣченные арабскими цифрами; на концахъ 10 станцій, заключающихъ одну версту ставятъ колышки, надписанные римскими цифрами. Частныя неровности не берутся въ соображеніе, потому-что они состоятъ, по большей части, изъ постепенныхъ и незначительныхъ повышеній или пониженій. Если-же у станціи № 4 начинается оврагъ, то должно сначала избрать точку *c* такъ, чтобы она имѣла разстояніе по горизонтальному направленію около 50 сажень до станціи № 5, а потомъ опредѣлить промежуточныя точки стоянія *a, b, ...*; отмѣривъ отъ станціи № 5 до № 6 еще 50 сажень, опредѣляютъ опять промежуточныя точки. Въ журналѣ записываютъ найденныя величины слѣдующимъ образомъ:

Нумера станцій.	Взгляды		Высота инструм.
	назадъ.	впередъ.	
I	<i>m</i>	<i>n</i>	<i>a</i>
2	<i>m'</i>	<i>n'</i>	<i>a'</i>
3	<i>m''</i>	<i>n''</i>	<i>a''</i>
4		<i>n'''</i>	<i>a'''</i>
<i>a</i>		<i>q</i>	
<i>b</i>		<i>q'</i>	
<i>c</i>		<i>q''</i>	
<i>d</i>		<i>q'''</i>	

Часть линіи проекта, находящуюся между точками № 4 и № 6, должно проинвеллировать посредством ватерпаса. Положеніе линіи нивеллировки зависитъ отъ направленія, по которому требуется опредѣлить, по данному проекту, изгибы земной поверхности.

Иногда нивеллированіе производится не только по направленію оси проекта, но и по прямымъ линіямъ, перпендикулярнымъ къ ней; тогда первое называется *продольной нивеллировкой*, а послѣднія — *поперечными*. Положимъ, что ломанная линія ABCD... (Ф. 370) представляетъ ось проекта, и А, В, С... высшія и низшія точки ея; прямыя *ad*,

фиг. 370.



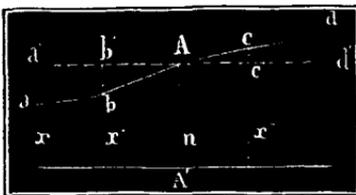
el, то.. опредѣляютъ направленіе поперечныхъ нивеллировокъ, и *a, b, c, d, e, f...* высшія и низ-

шія точки мѣстности. Опредѣливъ на мѣстности направленіе оси ABCD... проекта, провѣшиваютъ линіи *ad, el...* перпендикулярно къ линіи продольной нивеллировки, и въ точкахъ *a, b, c...*, гдѣ мѣстность представляетъ значительные изгибы, вбиваютъ колышки; горизонтальныя разстоянія между точками продольной и поперечныхъ нивеллировокъ измѣряются цѣпью. Прямыя *ad, el, то...* должны пролегать въ такихъ мѣстахъ, гдѣ мѣстность представляетъ болѣе измѣненій. Поставивъ нивелиръ на срединѣ разстоянія между точками А и В, опредѣляютъ высоты рейки, поставленной въ точкахъ А и В; потомъ наводятъ трубу нивелира на рейку, поставленную въ точкахъ *a, b, c, d...*, означенныхъ колышками, и опредѣляютъ высоты рейки. Поставивъ инструментъ въ точкѣ М', на срединѣ разстоянія между точками В и С, опредѣляютъ взгляды назадъ и впередъ точекъ В и С, и взгляды на рейкахъ, поставленныхъ въ точкахъ *e, f, g, h...* Полученныя высоты поперечныхъ нивеллировокъ вносятъ въ таблицу:

Продольная нивелировка.						Поперечныя нивелировки.				
Точки стоянія.	Взгляды		Горизонтальн. разстоянія.	Разности уровней.	Отмѣтки.	Точки.	Нумеръ нивел.	Взгляды.	Разстоянія.	Замѣчанія.
	назадъ	впер.								
М	<i>p</i>		<i>x</i> саж.	<i>q—p</i>	<i>n</i>	<i>a</i>	№ 1	<i>α</i>		
	<i>p'</i>	<i>q</i>				<i>b</i>		<i>α'</i>	<i>y</i> саж.	
М'			<i>x'</i>	<i>q'—p'</i>	<i>n'</i>	<i>A</i>		<i>p</i>	<i>y'</i>	
	<i>p''</i>	<i>q'</i>				<i>c</i>		<i>α''</i>	<i>y''</i>	
М''			<i>x''</i>	<i>q''—p''</i>	<i>n''</i>	<i>d</i>	№ 2	<i>α'''</i>	<i>y'''</i>	
	<i>p'''</i>	<i>q''</i>				<i>e</i>		<i>β</i>	<i>z</i>	
М'''			<i>x'''</i>	<i>q'''—p'''</i>	<i>n'''</i>	<i>f</i>		<i>β'</i>	<i>z'</i>	
	<i>p''''</i>	<i>q'''</i>				<i>g</i>		<i>β''</i>	<i>z''</i>	
						<i>B</i>		<i>p'</i>	<i>z'''</i>	

§ 161. Для начертанія продольной и поперечныхъ нивелировокъ, должно опредѣлять вертикальныя ординаты всѣхъ ихъ точекъ относительно одной и той-же горизонтальной оси абсиссъ. Въ § 142 показано опредѣленіе отмѣтокъ точекъ продольной нивелировки, по известной главной отмѣткѣ; съ помощію этихъ отмѣтокъ опредѣляются ординаты точекъ поперечныхъ нивелировокъ слѣдующимъ образомъ: пусть *ad* представляетъ профиль (фиг. 371) первой поперечной

фиг. 371.



нивелировки, и *AA'* главную отмѣтку; высоты реекъ суть *α*, *α'*, *p'*, *α''*, *α'''*; точки *a'*, *b'*, *A*, *c'*, *d'* находятся въ одной горизонтальной плоскости, проведенной чрезъ оптическую ось трубы нивелира, стоявшаго въ точкѣ *M*; тогда получимъ

отмѣтки *x*, *x'*, *x''*, *x'''* точекъ *a*, *b*, *c* и *d*; а именно

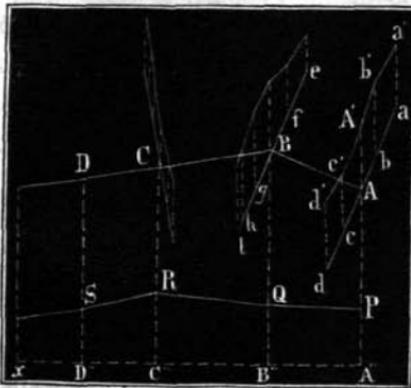
$$x = n - (p - \alpha); \quad x' = n - (p - \alpha');$$

$$x'' = n - (p - \alpha''); \quad \text{гдѣ } (p - \alpha), (p - \alpha'), \text{ и т. д.}$$

выражаютъ разности уровней точекъ *A* и *a*, *A* и *b*, и т. д.

Такимъ-же образомъ получимъ для второй поперечной нивелировки $y = \beta + n' - p'$, $y' = \beta' + n' - p'$, и т. д.

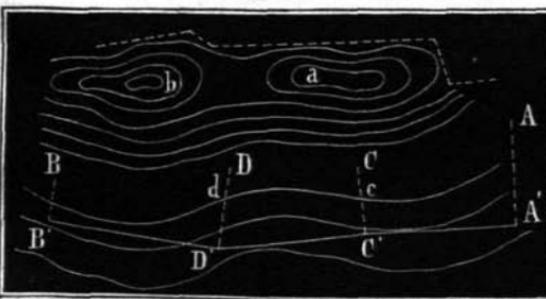
Для начертанія профилей обѣихъ нивелировокъ, проводятъ сначала на бумагѣ (фиг. 372) планъ оси проекта, откладывая на немъ горизонтальныя разстоянія АВ, ВС, СD..., чрезъ полученныя точки А, В, С, D... проводятъ прямыя, перпендикулярныя къ оси проекта, и откладываютъ на нихъ горизонтальныя разстоянія $Ab, Ac, ba, cd, Bg, Bf...$; чрезъ точки $a, b, A, c, d, e, f, g, B...$ проводятъ прямыя, параллельныя къ краю листа; на этихъ прямыхъ откладываютъ по масштабу, въ 10 разъ большшему, вычисленныя отмѣтки $aa', bb', AA', cc'...$ точекъ $a, b, A, c...$



Получивъ точки a', b', c', d' , проводятъ прямыя $a'b', b'A', A'c', c'd'$, представляющія первую поперечную профиль. Для полученія продольной профили, проводятъ произвольную прямую $A''x$ и опускаютъ на нее перпендикуляры $AA'', BB'', CC''...$ изъ точекъ А, В, С... Отложивъ отмѣтки $A''P, B''Q, C''R...$, проводятъ прямыя $PQ, QR, RS...$, изображающія продольную профиль.

§ 162. Между данными точками А и В опредѣлить паденіе рѣки (фиг. 373).

Осмотрѣвъ берега рѣки, замѣчаемъ, что правый берегъ неудобенъ для нивелированія, потому-что возвышенія a и b заставили-бы нивелирующаго часто перемѣнять направленіе нивелированія, или брать разстоянія между станціями весьма короткими лѣніями; этимъ не только работа преувеличивается, но и самое нивелированіе дѣлается менѣе точнымъ. Лѣвый берегъ, не представляющій подобныхъ неудобствъ, долженъ быть избранъ для нивелировки еще потому, что работа можетъ быть произведена въ ближайшемъ разстояніи отъ воды; это обстоятельство важно въ томъ отношеніи, что оно представляетъ возможность опредѣлить частное паденіе рѣки, на примѣръ, при точкахъ



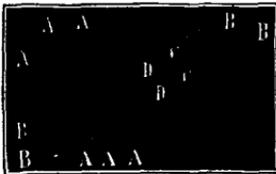
для нивелированія, потому-что возвышенія a и b заставили-бы нивелирующаго часто перемѣнять направленіе нивелированія, или брать разстоянія между станціями весьма короткими лѣніями; этимъ не только работа преувеличивается, но и самое нивелированіе дѣлается менѣе точнымъ. Лѣвый берегъ, не представляющій подобныхъ неудобствъ, долженъ быть избранъ для нивелировки еще потому, что работа можетъ быть произведена въ ближайшемъ разстояніи отъ воды; это обстоятельство важно въ томъ отношеніи, что оно представляетъ возможность опредѣлить частное паденіе рѣки, на примѣръ, при точкахъ

с и d. Въ точкахъ А, С, D, В вбиваютъ свайки во дно рѣки, избравъ сначала станціонныя линіи А'С', С'D', D'В' на лѣвомъ берегу. Сложнымъ нивеллированіемъ опредѣляютъ разность уровней точекъ А' и В'; потомъ находятъ поперечными нивеллировками разность уровней точекъ А и А', С и С' и т. д. Отмѣтки точекъ обѣихъ нивеллировокъ опредѣляютъ относительно одной и той-же горизонтальной плоскости. Получивъ отмѣтки точекъ А и В, легко найти разность уровней этихъ точекъ, и начертить профиль рѣки по направленію линіи АСDB. Измѣривъ съ точностью превышеніе вершинъ сваекъ надъ поверхностью воды, вычитаютъ полученныя высоты изъ найденныхъ отмѣтокъ. Нивеллировка поверхности воды, для узнанія паденія рѣки, должна быть произведена съ величайшею точностью; допускается погрѣшность въ $\frac{1}{2}$ дюйма на разстояніе 1 версты; для этого пронивеллируютъ каждую линію два раза. Если разность результатовъ болѣе $\frac{1}{2}$ дюйма, то производятъ нивеллировку въ третій разъ.

Опредѣленіе неровности дна широкаго озера или пруда (фиг. 374).

Для этого разбиваютъ поверхность озера системами взаимно параллельныхъ линій на прямоугольники, и измѣряютъ глубину воды во всѣхъ точкахъ пересѣченія проведенныхъ линій.

фиг. 374.



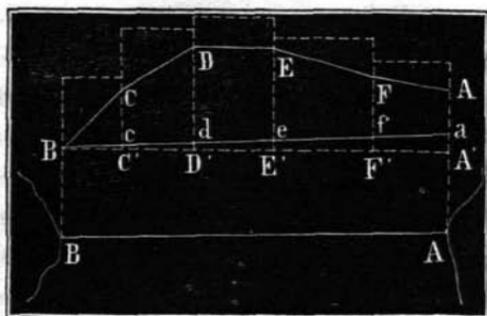
Направленіе линій АА, ВВ... означается на берегахъ кольями. Измѣреніе глубины воды производится посредствомъ *лота*, т. е. веревки съ гирею; при

незначительной глубинѣ можно производить измѣренія коломъ. На веревкѣ лота означаютъ мѣры узлами, на колѣ-же зарубками. Для проведенія линій АА, ВВ... должно сначала снять контуръ озера; опредѣленные глубины отмѣчаютъ на чертежѣ въ точкахъ пересѣченія проведенныхъ линій.

Осушеніе и наводненіе. Требуется отводить воду изъ озера А въ прудъ В (фиг. 375).

Для этого опредѣляютъ сначала разность уровней точекъ А и В,

фиг. 375.



$CC' = a - b$, $DD' = CC' + (a' - b')$, $FF' = EE' - (b'' - a'') = EE' + (a'' - b'')$.

Положимъ, что дно рва, вырываемаго для соединенія обоихъ бассейновъ, должно имѣть паденіе въ 6 дюймовъ на 100 сажень длины. Принимая длину рва, равною 134 сажнямъ, получимъ для его дна паденіе въ 8 дюймовъ; слѣдовательно aA' означитъ на чертежѣ паденіе дна aB . Остается теперь опредѣлить на мѣстности вертикальныя разстоянія Aa , Ff , $Ee...$, именно $Aa = AA' - aA'$, $Ff = FF' - fF'$, $Ee = EE' - eE'$ и т. д.; неизвѣстныя паденія fF' , eE' , $dD'...$ опредѣлятся слѣдующимъ образомъ:

$$100 \text{ саж.} : BF' = 6 \text{ дюймовъ} : fF'$$

$$100 \text{ саж.} : BE' = 6 \text{ дюймовъ} : eE', \text{ откуда}$$

$$fF' = 0,06 BF', eE' = 0,06 BE' \text{ и т. д.}$$

§ 163. *Планировка.* а) Если требуется выравнить какую-нибудь мѣстность подъ горизонтальную плоскость, то вбиваютъ колья въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ земная поверхность наиболѣе измѣняется. Поставивъ нивеллиръ приблизительно въ срединѣ планируемой поверхности, а рейку на одномъ изъ воткнутыхъ кольевъ, наводятъ трубу инструмента на рейку, и закрѣпляютъ цѣль ея на полученной высотѣ. Потомъ ставятъ рейку, не перемѣняя высоты цѣли, на всѣхъ кольяхъ и вбиваютъ ихъ въ землю на столько, чтобы точка пересѣченія штей зрительной трубы казалась покрывающею горизонтальную черту закрѣпленной цѣли. Тогда вершины всѣхъ кольевъ будутъ находиться въ одной горизонтальной плоскости. Принимая высоту одного изъ кольевъ за разстояніе искомой горизонтальной плоскости, въ которой требуется производить планировку, опредѣляютъ разность высотъ избраннаго кола и всѣхъ прочихъ кольевъ. Эти разности показываютъ на сколько должно въ каждой точкѣ мѣстности возвышать или понижать поверхность земли; такъ на примѣрѣ, если горизонтальная плос-

кость должна проходить на высотѣ 2 футовъ надъ поверхностью земли, т. е. при какой-нибудь точкѣ А (фиг. 376) высота воткнутаго кола равна 2 футамъ, и если при В высота кола равна 4 футамъ, при С



фиг. 376. 1 футу, то при В должно насыпать земли на $4 - 2 = 2$ фут., а при С срыть землю на $2 - 1 = 1$ футу. б) Сдѣлать нѣсколько продольныхъ и поперечныхъ нивелировокъ, въ разстояніи 10 сажень одну отъ другой, и опредѣливъ высоту реекъ въ точкахъ С, С',... D, D'... (ф. 377), опредѣляютъ отмѣтки этихъ точекъ



относительно одной и той-же горизонтальной плоскости, на которой означаютъ цифрами отмѣтки точекъ С, С',... D, D'... Если сравнительная плоскость проведена чрезъ точку М, то замѣченные промѣры показываютъ сколько земли должно насыпать или срыть въ каждой точкѣ, чтобы неровное мѣсто сдѣлалось горизонталь-

нымъ. с) Положивъ, что сравнительная плоскость проведена чрезъ точку О (фиг. 378), производить продольныя нивелировки по линиямъ ON, OQ, OT..., и поперечныя по линиямъ MP, M'P', M''P'...; потомъ опредѣляютъ отмѣтки точекъ М, Р, М', Р'... относительно сравнительной плоскости, какъ въ предъидущемъ случаѣ.

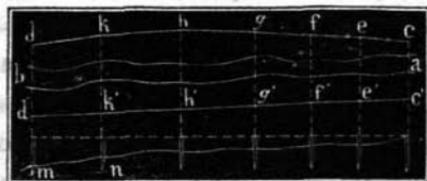


Два послѣдніе способа имѣютъ то преимущество предъ первымъ, что удобно вычислить кубическое содержаніе выемокъ и насыпей, заключающихся въ частяхъ CC' DD'... (фиг. 377) и OMP, NMPQ... (фигура 378).

фиг. 378).

§ 164. *Насыпи.* Въ нѣкоторомъ разстояніи отъ рѣки требуется возводить плотину, верхняя поверхность которой находилась-бы 4 футами выше уровня воды, и была-бы параллельна къ теченію рѣки. При точкахъ а и b (ф. 379) означаютъ уровень воды двумя кольями, вбитыми во дно рѣки; потомъ ставятъ колъ с на оси плотины такъ,

фиг. 379.



чтобы его вершина находилась въ одной горизонтальной плоскости съ вершиною кола *a*. Поставивъ колья *e, f, g...*, приводя ихъ вершины въ одну горизонтальную плоскость съ вершиною кола *c*, находятъ разность

уровней точекъ *a* и *b*, которая опредѣлитъ паденіе рѣки. Если паденіе равно 2 футамъ = 24 дюймамъ, то паденіе плотины между точками *c* и *e*, *e* и *f*... равняется 4 дюймамъ, т. е. при *e'* высота плотины должна равняться 4 фут., при точкѣ *f'* 3 фут. 8 дюймамъ, при точкѣ *g'* 3 фут. 4 дюймамъ и т. д., наконецъ при точкѣ *d'*, лежащей 2 футами выше поверхности воды, прибавляютъ только 2 фута; слѣдовательно прямая *c'd'* изображаетъ направленіе верхней плоскости плотины.

§ 165. *Дороги и пути сообщенія.* Выборъ направленія дороги, долженствующей соединить два населенныя мѣста, есть первая и труднѣйшая работа строителя. При этомъ выборѣ строитель долженъ соблюдать: 1) чтобы ось дороги пролегла на мѣстности, наименѣе препятствующей предполагаемымъ работамъ; и 2) чтобы она находилась, по возможности, въ близкомъ разстояніи отъ мѣстъ, доставляющихъ необходимые для постройки матеріалы. По выборѣ линіи направленія или оси дороги, и по означеніи ея вѣхами, приступаютъ къ нивелировкѣ. Это дѣйствіе должно быть произведено съ величайшею точностью, а потому должно употреблять непремѣнно точнѣйшіе нивелиры. По оси дороги производятъ сложное продольное нивелированіе, а по линіямъ, перпендикулярнымъ къ оси и равнымъ ширинѣ дороги производятъ поперечныя нивелировки. Результаты нивелированія помѣщаютъ въ таблицѣ (§ 160). Разности уровней каждаыхъ двухъ точекъ выводятся изъ таблицы. Возвышенія и пониженія мѣстности по направленію дороги представляются на профиляхъ. Для дороги, пролегающей на гористой мѣстности, допускается для ея оси, паденіе, равное 8 дюймамъ на каждую сажень; въ странѣ, покрытой холмами до 6 дюймовъ. Чтобы дождевая вода имѣла свободный стокъ, даютъ дорогѣ, въ обѣ стороны отъ оси, пологій скатъ, а именно паденіе, равное $\frac{1}{4}$ дюйма на сажень. Ширина дороги зависитъ отъ цѣли ея назначенія и дѣлается обыкновенно отъ 24 до 40 футовъ; по длинѣ, равной, по крайней мѣрѣ 150 сажнямъ, ширина должна оста-

ваться неизмѣняемою ; она измѣняется : а) при поворотахъ , б) когда дорога подымается на гору, и с) близъ городовъ.

При проложеніи каналовъ и вообще водяныхъ сообщеній должно главное вниманіе обращать на выборъ оси проекта.

Если требуется производить какія-нибудь работы близъ рѣки , то должно опредѣлить съ точностью всѣ замѣчательныя точки береговъ и теченіе рѣки ; въ такомъ случаѣ составляютъ треангуляцію. Можно опредѣлить всѣ треугольники съѣти съ того берега, на которомъ находится база, или съ обоихъ береговъ. Къ подробностямъ такой съемки относятся всѣ предметы, имѣющіе вліяніе на предполагаемыя работы, какъ то мосты, шлюзы, мели, пристани и т. п.

§ 166. Выборъ линіи направленія желѣзной дороги долженъ соображаться съ издержками, потребными на построеніе ея ; вообще для расположенія желѣзной дороги избираютъ нѣсколько линій для ея направленія, и опредѣляютъ , которая изъ нихъ потребуетъ наименьшія издержки. По означеніи на мѣстности линіи направленія дороги, наносятъ точки ея оси на планъ. Не всегда возможно проложить ось по прямому направленію, а иногда даже выгодно уклоняться отъ прямой линіи.

Слѣдовательно первая обязанность строителя состоитъ въ тщательномъ обзорѣнн мѣстности. При этомъ должно замѣчать видъ мѣстности, грунтъ земли, положеніе рѣкъ, ручьевъ, и т. п. По обзорѣнн нѣсколькихъ линій, могущихъ служить осью дороги, легко опредѣлить, по сдѣланнымъ отмѣткамъ, которая изъ нихъ болѣе соотвѣтствуетъ условіямъ, требуемымъ отъ оси проекта. Для этого необходимо напередъ пронивелировать по приближенію каждую изъ избранныхъ линій. Избравъ наивыгоднѣйшее направленіе оси дороги, отмѣчаютъ ея точки на мѣстности ; потомъ, опредѣливъ ея положеніе на планѣ, приступаютъ къ нивелированію. Для этого раздѣляютъ провѣшанную ось дороги на станціи ; длина каждой станціи зависитъ отъ работъ, которыя должны быть произведены по ея направленію. Замѣчательнѣйшія точки, лежація близъ избранной оси, отмѣчаютъ на мѣстности нумерованными кольями. Потомъ производятъ продольное нивелированіе по оси дороги ; по опредѣленнымъ взглядамъ составляется профиль ; направленіе оси дороги и нумерованныя точки наносятся на планъ. Взгляды назадъ и впередъ, и разстоянія между рейками отмѣчаются на профили при соотвѣтствующихъ линіяхъ. Для точнѣйшаго

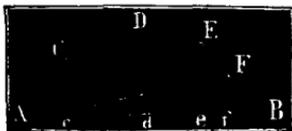
опредѣленія высоты реекъ, производять въ каждой точкѣ стоящія три наблюденія. При значительной длинѣ направленія желѣзной дороги, привеллируютъ ось два раза. По полученнымъ взглядамъ вычисляютъ отмѣтки точекъ оси, и составляютъ ея профиль. Получивъ на чертежѣ криволинейное изображеніе мѣстности, опредѣляютъ наибыгоднѣйшее замѣненіе этой кривой поверхности, горизонтальною или наклонною плоскостью. Дорогѣ даютъ такое наклоненіе, чтобы возможно было наименьшею силою двигать извѣстную тяжесть. Въ Англіи и Германіи даютъ осямъ желѣзныхъ дорогъ паденіе отъ $\frac{1}{100}$ до $\frac{1}{300}$ ихъ длины. Опредѣливъ на чертежѣ истинное положеніе оси, узнаемъ на сколько должно увеличить или уменьшить отмѣтку каждой точки, т. е. сколько должно при каждой точкѣ срыть или насыпать земли, чтобы ось приняла прямолинейное направленіе. Для точнѣйшаго узнанія неровностей земной поверхности, и для вѣрнѣйшаго опредѣленія предполагаемыхъ земляныхъ работъ, составляютъ поперечныя профили поперегъ дороги по направленіямъ, перпендикулярнымъ къ ея оси. По вычисленнымъ отмѣткамъ точекъ поперечныхъ нивелировокъ опредѣляютъ, на сколько каждая точка должна быть возвышена или понижена. По составленіи профилей дороги, означаютъ на мѣстности колышками измѣненіе высотъ избранныхъ точекъ.

Для опредѣленія издержекъ, потребныхъ на построеніе желѣзной дороги, должны быть составлены слѣдующія изображенія :

- 1) планъ мѣстности, на которой предполагается построить дорогу ;
- 2) продольная профиль оси дороги ;
- 3) поперечныя профили для планировки дороги ;
- 4) столько отдѣльныхъ плановъ, на сколько станцій раздѣлена дорога ; и
- 5) детальные планы отдѣльныхъ построекъ.

§ 167. *Начертаніе осей проекта на землю.* При рѣшеніи этого вопроса рассмотримъ тѣ случаи, когда оконечности данной оси не видны изъ промежуточныхъ пунктовъ.

фиг. 380.



Если данная ось весьма длинна, то избираютъ на мѣстности открытой, точки С, D, E, F (фиг. 380) между данными оконечностями; измѣривъ полученныя линіи АС, СD... цѣпью и углы АСD, СDЕ... теодолитомъ, возможно

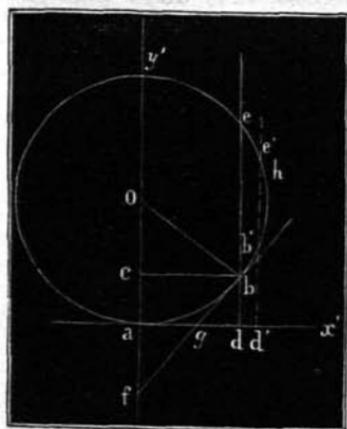
найти вычисленіемъ уголъ CAB , составляемый искомою осью AB съ извѣстною линією AC . Дѣйствительно: изъ треугольника CAD получимъ уголъ CAD по двумъ извѣстнымъ сторонамъ AC и CD , и углу ACD . Уголъ DAE получится изъ треугольника DAE по извѣстной сторонѣ DE , углу $ADE = \angle CDE - \angle CDA$ (уголъ CDA получается вычисленіемъ изъ треугольника ACD), и сторонѣ AD , вычисленной изъ треугольника ACD . Такимъ-же образомъ можно найти углы EAF и FAB . Сумма угловъ $CAD + DAE + EAF + FAB$ опредѣлитъ искомый уголъ CAB . Потомъ ставятъ теодолитъ въ точкѣ A , приводятъ показателъ верньера въ совмѣщеніе съ нулемъ лимба, и закрѣпляютъ винтъ алидаднаго круга. Наведя потомъ трубу на вѣху, поставленную въ точкѣ C , обращаютъ алидаднѣй кругъ на уголъ, равный углу CAB ; по закрѣпленіи алидаднаго круга въ этомъ положеніи, ставятъ колья c, d, e, \dots по продолженію оптической оси зрительной трубы. Для точиѣйшаго опредѣленія промежуточныхъ точекъ весьма длинныхъ линій, вычисляютъ, кромѣ угла CAB , еще ординаты вершинъ C, D, E, F относительно оси AB , и углы ACc, CDD, DEe, BFf ; и въ самомъ дѣлѣ изъ треугольника ACc по извѣстнымъ: сторонѣ AC и углу CAC , получимъ ординату $cC = AC \cdot \sin CAC$; ордината dD получится изъ треугольника ADd по извѣстнымъ: сторонѣ AD , вычисленной изъ треугольника ACD , и углу $DAB = DAE + EAF + FAB$; точно также вычисляются и прочія ординаты. Величина угла $ACc = 90^\circ - CAC$ опредѣлится по формулѣ $\cos ACc = \frac{Cc}{AC}$; такимъ-же образомъ опредѣлятся углы ADD, AEE, AFF . Потомъ провѣшиваютъ на мѣстности, по найденнымъ угламъ ACc, ADD, \dots , линіи Cc, Dd, Ee, Ff посредствомъ теодолита, а цѣпью отмѣриваютъ ихъ длины до точекъ c, d, e, \dots . Полученныя точки c, d, \dots опредѣляютъ направленіе искомой линіи. Линіи AC, CD, \dots выбираютъ на мѣстахъ ровныхъ, преимущественно по дорогамъ. Эта задача встрѣчается при построеніи шоссе, каналовъ и желѣзныхъ дорогъ.

§ 168. Если для удобства и для уменьшенія издержекъ требуется часть прямолинейной оси замѣнить криволинейною, то должно на мѣстности описать окружность круга радіусомъ извѣстной длины. Сопротивленіе, оказываемое двигающейся тяжести, зависитъ отъ длины радіуса круга; болѣею частью радіусы дѣлаются весьма длинными, потому-что этимъ уменьшаются издержки на построеніе и содержаніе

дороги; быстрыя движениа по ней сопряжены съ меньшею опасностью. Хотя кривыя части желѣзной дороги, описываемыя малымъ радиусомъ, имѣютъ вредное вліяніе, однако весьма часто встрѣчается надобность начертать эти линіи, а именно когда должно обходить возвышенія, или избѣгать построение мостовъ, возведеніе насыпей и т. д. Въ Германіи допускаются для радиусовъ круговъ слѣдующія величины: 120, 900, 1150, 1800 и 2000 футовъ; вообще даютъ радиусамъ отъ 3000 до 6000 футовъ длины. Въ соединенныхъ штатахъ сѣверной Америки даютъ дорогамъ весьма большую кривизну, имѣющую радиусъ въ 600 футовъ длины; по такимъ дорогамъ возможно ѣхать только локомотивами американской конструкціи. Начертаніе круговъ по извѣстнымъ радиусамъ производится слѣдующими способами:

а) *Опредленіе круга по координатамъ ея точекъ.* Сначала выведемъ формулы для координатъ точекъ окружности круга. Положимъ, что ax' (фиг. 381) представляетъ продолженіе прямого направленія

фиг. 381.



оси проекта; діаметръ ay' и касательную ax' принимають за прямоугольныя оси координатъ; пусть координаты точки b суть $bc = x$ и $bd = y$; тогда будетъ $y/c : x = x : ca$, откуда $x^2 = y/c \cdot ca$; но $ca = y$ и $y/c = 2r - y$, гдѣ r означаетъ радиусъ круга; слѣдовательно $x^2 = (2r - y) y$; если величина y извѣстна, то отсюда легко опредѣлится x . Для примѣра положимъ, что радиусъ $r = 600$ футовъ, а абсциссы точекъ окружности равны 20, 40, 60 и т. д. фут. Для опредѣленія ординаты первой точки имѣемъ $y = r \pm \sqrt{r^2 - x^2}$

$= 600 \pm \sqrt{360000 - 400} = 600 \pm \sqrt{359600} = 600 \pm 599.66$. Изъ предыдущаго уравненія получили для y двѣ величины: 1199,66 футовъ, означающую разстояніе eb , и $600 - 599,66 = 0,34$ фута, соответствующую разстоянію bd . Для ординаты второй точки имѣемъ $y' = 600 \pm \sqrt{360000 - 1600} = 600 \pm 598,66$, откуда разстояніе $e'b'$ $= 1198,66$ футамъ, а $b'd' = 1,34$. Ордината третьей точки равна $e''b'' = 1196,99$ и $b''d'' = 3,01$ и т. д. По большей части этотъ способъ неудобенъ.

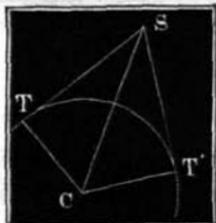
Представимъ себѣ, что точка a перенесена въ точку b , опредѣленную по предыдущему; тогда и дуга ab совмѣстится съ дугою bh .

Но для этого необходимо опредѣлить касательную, проведенную чрезъ точку b ; точка g пересѣченія касательныхъ ax' и bg опредѣлитъ съ точкою b направление bg ; слѣдовательно остается найти разстоянiе ag . Извѣстно, что $x^2 = oc \cdot cf$ и $oc = r - y$; положивъ $cf = z$, получимъ $x^2 = (r - y) z$, откуда $z = \frac{x^2}{r - y}$. Также имѣемъ $af : z = ag : x$, гдѣ $af = z - y$; слѣдовательно $z - y : z = ag : x$; откуда $ag = \frac{(z - y) x}{z}$. Вставляя въ это уравненiе выше выведенную величину для

$$z, \text{ получимъ } ag = \frac{\left(\frac{x^2}{r - y} - y\right) x}{\frac{x^2}{r - y}} = \frac{\frac{x^2}{r - y} \cdot x - yx}{\frac{x^2}{r - y}} = x - \frac{y(r - y)}{x}.$$

Для примѣра положимъ, что требуется найти точку, ордината которой равна 3,01 и абсисса 60 фут.; тогда $ag = 60 - \frac{3,01(600 - 3,01)}{60} =$

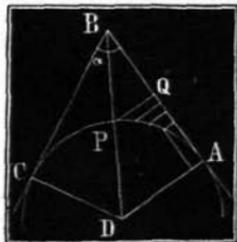
фиг. 382.



9,95 футамъ. По извѣстному направленiю касательныхъ возможно опредѣлить уголъ, составляемый ими. Пусть (Ф. 382) этотъ уголъ $= \alpha$, радиусъ дуги равенъ r , и уголъ, составляемый радиусами, равенъ β ; тогда имѣемъ $ST = ST' = r \tan \frac{1}{2} \beta$, гдѣ $\angle \beta = 180^\circ - \alpha^\circ$.

Построенiе круга по ординатамъ, взятымъ относительно касательныхъ, можетъ быть произведено съ помощью слѣдующихъ формулъ:

фиг. 383.



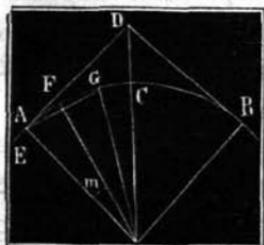
Касательная (Фиг. 383) $AB = BC = r \cdot \text{Cotg } \frac{1}{2} \alpha$ и дуга $AC = \frac{180^\circ - \alpha}{360^\circ} \cdot 2 \pi r = r \cdot \text{arc}(180^\circ - \alpha)$. Разстоянiе $BP = r \cdot \text{Sec}\left(90^\circ - \frac{\alpha}{2}\right) - r = r \cdot \left(\text{Cosec } \frac{\alpha}{2} - 1\right) = r \cdot \frac{1 - \text{Sin } \frac{1}{2} \alpha}{\text{Sin } \frac{1}{2} \alpha} = r \cdot \frac{1 - \text{Cos } \beta}{\text{Cos } \beta} = r \cdot \frac{2 \text{Sin}^2 \frac{1}{2} \beta}{\text{Cos } \beta}$.

Ординату $PQ = y'$ получимъ изъ пропорцiи $BQ : PQ = AB : AD$; откуда $PQ = \frac{BQ \cdot AD}{AB}$, гдѣ $BQ = BP \cdot \text{Cos } \frac{1}{2} \alpha$, и слѣдов. $y' = r - \sqrt{r^2 - x'^2}$.

b) *Посредствомъ угломерныхъ инструментовъ.* Способъ, изобрѣтенный англiйскимъ Инженеромъ Ренкиномъ (Rankine) основывается

на геометрической теоремѣ: что уголъ, вершина котораго лежитъ на окружности, вдвое менѣе угла, вершина котораго въ центрѣ полагая, что дуги, заключенныя между сторонами этихъ угловъ, равны. Этимъ способомъ возможно опредѣлить одну изъ слѣдующихъ величинъ: радиусъ, градусную величину дуги и длину касательныхъ.

фиг. 384.



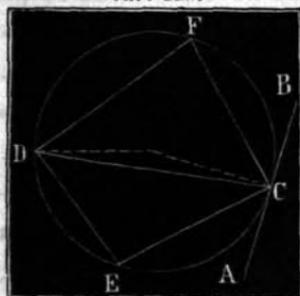
Оконечности (фиг. 384) А и В дуги и точка пересѣченія D касательныхъ опредѣляются на мѣстности по предъидущему. Принимается, что ось желѣзной дороги означена вѣхами, отстоящими одна отъ другой на 100 футовъ. Если Е означаетъ точку прямолинейной оси, то разстояніе АF начальной точки А до первой вѣхи, поставленной на дугѣ, должно равняться 100 ф. безъ АЕ. (*) Опредѣливъ длину АF, вычисляють центральный уголъ m , соответствующій дугѣ АF; а по углу m , получится уголъ $DAF = \frac{1}{2} m$. Поставивъ теодолитъ въ точкѣ А, наносятъ уголъ DAF ; по отложеніи АF = 100 фут. — АЕ, получимъ точку F. Такимъ-же образомъ опредѣляются углы $m', m'' \dots$, соответствующіе дугамъ АF + 100 ф., АF + 200 ф., и выводятся углы $DAG, DAC \dots$ по найденнымъ величинамъ $m', m'' \dots$; слѣдовательно получаютъ на мѣстности точки G, C... искомой дуги. Нѣтъ никакого сомнѣнія, что, при большомъ радиусѣ, какъ 6000 фут., разность между дугою въ 100 ф. и стягивающею ее хордою столь мала, что ею можно пренебрегать. Если-же радиусъ малъ, то должно опредѣлить хорды, соответствующія дугамъ длиною въ 100 фут. Если по мѣстнымъ обстоятельствамъ нельзя визировать зрительною трубою по касательной, или на искомыя точки дуги, то должно поставить теодолитъ въ другой опредѣленной точкѣ дуги. При нанесеніи угловъ теодолитомъ, дающимъ углы отъ 20 до 20 секундъ, разстоянія между точками дуги могутъ равняться 2500 ф.; при этомъ хорды уклоняются отъ истинныхъ направленій только на 2 дюйма.

Преимущество этого способа предъ выше-описанными состоитъ въ томъ, что измѣреніе линій замѣняется измѣреніемъ угловъ.

с) Способъ, изобрѣтенный Меомъ (May), по удобности и точности нынѣ употребляемый въ Англии, основывается на слѣдующей теоре-

(*) Здѣсь безъ большой погрѣшности можно принимать, что дуга АF сливается съ касательною AD.

фиг. 385.



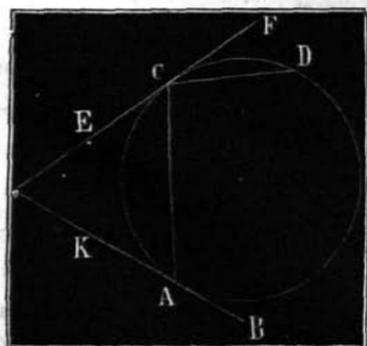
мѣ: если къ кругу проведена касательная АВ (ф. 385) и чрезъ точку С касанія, хорда CD, то уголь $\angle ACD = \angle DFC$ и $\angle BCD = \angle DEC$, гдѣ углы DFC и DEC, имѣющіе свои вершины на окружности, построены на хордѣ CD.

Пусть СВ представляетъ прямолинейное направление оси дороги, и отъ точки С должно описать дугу; тогда, по отысканіи длины хорды CD, составляющей съ касательной требуемый уголь,

и по нанесеніи этого угла съ помощію угломернаго инструмента, возможно опредѣлить нѣсколько точекъ, лежащихъ на дугѣ между точками С и D. Чтобы этимъ способомъ начертить на землѣ дуги, должно опредѣлить длину хорды, соответствующую углу, составляемому касательной съ хордою, или на оборотъ по данной длинѣ хорды должно найти уголь, заключенный между нею и касательною. Но длина хорды при радиусѣ, равномъ единицѣ, равняется удвоенному синусу половиннаго угла при центрѣ, соответствующаго ей, т. е. $CD = 2 \sin \frac{1}{2} \alpha$; такъ какъ уголь $\angle ACD$, составляемый хордою и касательною, равняется углу DFC, а $\angle DFC = \frac{1}{2} \angle \alpha$, то хорда CD равна удвоенному синусу угла $\angle ACD$, т. е. при радиусѣ R хорда $CD = 2 R \cdot \sin \angle ACD$; слѣдовательно хорда, соответствующая центральному углу въ 10° , составляетъ съ касательною углы въ 5° и 175° .

Для облегченія вычисленій составлены таблицы, въ которыхъ помѣщены длины хордъ, и углы, составляемые ими съ касательною.

фиг. 386.

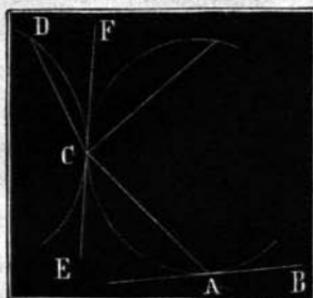


Для примѣра положимъ, что АВ (ф. 386) представляетъ прямолинейное направление оси проекта и, что отъ точки А должно описать дугу радиусомъ, равнымъ 80 сѣнямъ. Тогда ставятъ теодолитъ въ точкѣ А; потомъ берутъ хорду, положимъ, равную 15 сѣнямъ, и по таблицѣ-же отыскиваютъ уголь КАС, соответствующій этой хордѣ; пусть этотъ уголь равенъ $5^\circ 23'$, а дополнительный

ему $174^\circ 37'$. При точкѣ А строятъ съ помощію теодолита уголь ВАС, равный $174^\circ 37'$, и ставятъ колья А и С въ оконечностяхъ хорды, соответствующей углу въ $174^\circ 37'$. Дойдя до точки С, ставятъ

въ ней теодолитъ, и избираютъ слѣдующую хорду, длиною, на примѣръ, въ 6 цѣпей. Въ таблицѣ найдемъ углы въ $2^{\circ} 9'$ и $177^{\circ} 51'$, соответствующіе этой хордѣ. Направленіе второй хорды найдется по известному углу первой; для этого вычитаютъ острый уголъ $5^{\circ} 23'$ первой изъ тупаго угла $177^{\circ} 51'$ второй; тогда получится уголъ въ $172^{\circ} 28'$, составляемый обѣими хордами. Дѣйствительно: если EF представляетъ касательную, проходящую чрезъ точку пересѣченія хордъ, то уголъ ECD представляетъ уголъ, составляемый второй хордою съ касательною EF ; такъ какъ $\angle KAC = \angle ECA$, то слѣдовательно $\angle ECD = \angle KAC = \angle ACD$, составляемому обѣими хордами. Опредѣливъ такимъ образомъ направленіе хорды CD , отклады-

фиг. 387.



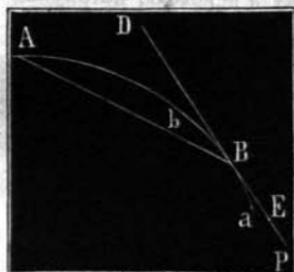
ваютъ по ней 6 цѣпей, и означаютъ ея оконечности кольями.

До сихъ поръ принимали, что дуга описывалась однимъ радіусомъ и изъ одного центра, но часто встрѣчается надобность начертить части дуги разными радіусами. Если на примѣръ, дойдя до точки C (фиг. 387), желаютъ начертить дугу по другую сторону касательной EF , чтобы измѣнить кривизну оси

проекта, то сумма угловъ ECD и ACE , составляемыхъ касательною EF съ хордами CD и AC , равна углу, составляемому обѣими хордами.

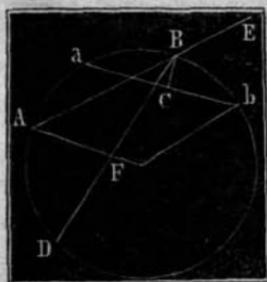
§ 169. Задачи, встречаемыя при начертаніи на землѣ осей желѣзныхъ дорогъ.

фиг. 388.



1) Найти направленіе касательной по известнымъ двумъ точкамъ A и B кривой и радіусу R (фиг. 388). Если хорда $AB = 2c$, и c равно $R \sin \alpha$, гдѣ $\angle \alpha = \angle ABD$ и $\angle ABE = 180^{\circ} - \alpha$, то прямая BE представляетъ касательную; остается только на землѣ построить уголъ ABD , равный α . Если-же радіусъ R неизвестенъ, то откладываютъ по дугѣ равныя части aB и bB , и визируютъ изъ b чрезъ a на весьма отдаленный предметъ P ; линія BE , провѣшенная по известнымъ точкамъ B и P , означитъ на землѣ направленіе касательной.

Фиг. 389.

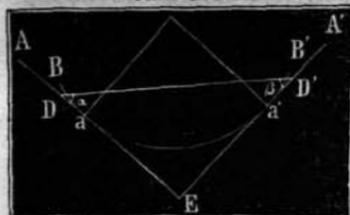


Фиг. 390.



дикуляръ BF, и провѣшиваютъ линію BE, которая означаетъ достаточно вѣрное направление касательной.

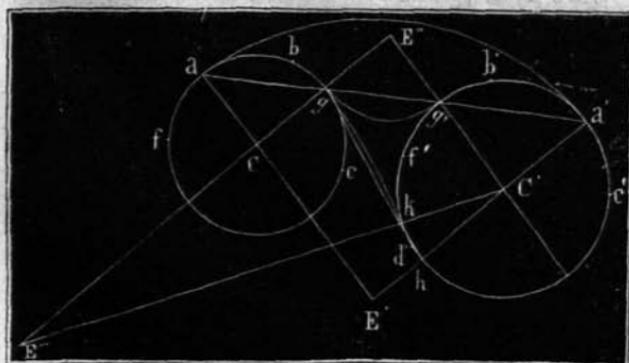
Фиг. 391.



ложивъ, что точка E неприступна, избираютъ на линіяхъ AB и A'B' двѣ произвольныя точки D и D', и измѣряютъ разстояніе DD' = d и углы α и β ; тогда изъ $\triangle DED'$ можно опредѣлить вычисленіемъ уголъ m и стороны ED и ED'. При извѣстной длинѣ R будетъ $Ea = \frac{R}{\tan \frac{1}{2} m}$; следовательно получимъ точку a перехода, потому-что Da = ED - Ea. Такимъ-же образомъ опредѣлится точка a'. Если, на примѣръ, точка a дана, то получимъ $Ea = ED - Da$ и $R = Ea \cdot \tan \frac{1}{2} m$.

5) Двѣ криволинейныя части оси соединить между собою (Фиг. 392).

Фиг. 392.



2) По данной на мѣстности дугѣ, найти ея радиусъ R (Фиг. 389).

Измѣривъ какую-нибудь хорду ab, возставляють изъ ея середины перпендикуляръ CB. Положивъ $ab = 2c$ и $CB = d$, получимъ $R = \frac{c^2 + d^2}{2d}$. Если извѣстны три точки D, A, B кривой, то радиусъ R отыскивается слѣдующимъ образомъ: проведя прямую DB, и опустивъ изъ A на нее перпендикуляръ AF, получимъ отрезки $DF = m$, $BF = n$ и $AF = y$; тогда будетъ $R^2 = \left(\frac{m \cdot n - y^2}{2y}\right)^2 + \left(\frac{m+n}{2}\right)^2$.

3) Найти точку B перехода криволинейнаго направленія оси въ прямолинейное (Фиг. 390).

Въ томъ мѣстѣ, гдѣ должна находиться точка B избираютъ двѣ точки C и D, и провѣшиваютъ линію CE; гдѣ E отдаленный предметъ. Измѣривъ CD, возставляють изъ ея середины перпендикуляръ BF, и провѣшиваютъ линію BE, которая означаетъ достаточно вѣрное направление касательной.

4) Двѣ прямолинейныя части AB и A'B' оси дороги соединить дугою (Фиг. 391).

Опредѣливъ точку E пересѣченія прямыхъ AB и A'B', и измѣривъ уголъ $\angle AEA' = m$, получимъ $Ea = Ea' = \frac{R}{\tan \frac{1}{2} m}$ при извѣстномъ радиусѣ R

дуги. Если одна изъ точекъ перехода дана, то легко найти другую, потому-что $Ea = Ea'$. Положивъ, что точка E неприступна, избираютъ на линіяхъ AB и A'B' двѣ произвольныя точки D и D', и измѣряютъ разстояніе DD' = d и углы α и β ; тогда изъ $\triangle DED'$ можно опредѣлить вычисленіемъ уголъ m и стороны ED и ED'. При извѣстной длинѣ R будетъ $Ea = \frac{R}{\tan \frac{1}{2} m}$; следовательно получимъ точку a перехода, потому-что Da = ED - Ea. Такимъ-же образомъ опредѣлится точка a'. Если, на примѣръ, точка a дана, то получимъ $Ea = ED - Da$ и $R = Ea \cdot \tan \frac{1}{2} m$.

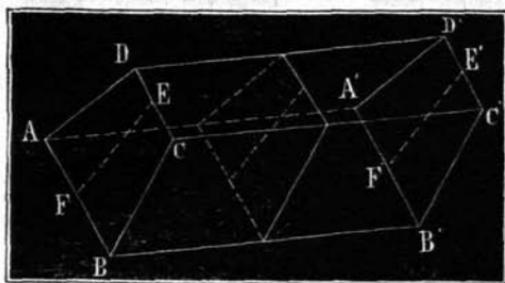
Простѣйшее соединеніе представляетъ касательную, проведенную къ обѣимъ даннымъ дугамъ. Впрочемъ при рѣшеніи этого вопроса представляются различныя случаи; вообще положимъ, что одна изъ точекъ перехода известна.

Пусть, на примѣръ, требуется соединить fb и b'c' при извѣстной точкѣ a

перехода. Проведя $C'g'$ параллельно къ Ca , получимъ на продолженіи прямой ag' вторую точку a' перехода. Точка E' пересѣченія продолженныхъ прямыхъ Ca и $C'a'$ опредѣлитъ центръ искомой дуги.

Должно соединить дугу bc съ дугою $b'f'$ при известной точкѣ g перехода. Проведя $C'a'$ параллельно къ Cg , получимъ на прямой ag' вторую точку g' перехода. Точка E'' пересѣченія продолженныхъ прямыхъ Cg и $C'g'$ представляетъ центръ искомой дуги. Чтобы соединить дугу bc съ дугою $f'd'$, при известной точкѣ g перехода, проводить $C'h$ параллельно къ Cg ; прямая gh опредѣлитъ точку k , а пересѣченіе продолженныхъ радиусовъ Cg и $C'k$ дастъ центръ E''' искомой дуги.

§ 170. *Вычисленіе кубическаго содержанія насыпей и выемокъ.* На чертежѣ (393) представлена насыпь $ABCD A'B'C'D'$; поперечные ея разрѣзы $ABCD$ и $A'B'C'D'$ перпендикулярны къ продольной оси насыпи. Верхняя грань, имѣющая повсюду одинаковую ширину, представляетъ плоскость; нижняя-же, лежащая непосредственно на поверхности земли, можетъ имѣть весьма неправильный видъ; для удобства примемъ ее за плоскость, параллельную къ верхней грани. Углы наклоненія пологихъ граней $B'C$ и AD' вообще равны между собою. Въ вычисленія не вводятъ этотъ уголъ, а отношеніе (фиг. 394) $\frac{CH}{BH}$, гдѣ BH называется *заложеніемъ*



разрѣзы $ABCD$ и $A'B'C'D'$ перпендикулярны къ продольной оси насыпи. Верхняя грань, имѣющая повсюду одинаковую ширину, представляетъ плоскость; нижняя-же, лежащая непосредственно на поверхности земли, можетъ имѣть весьма

неправильный видъ; для удобства примемъ ее за плоскость, параллельную къ верхней грани. Углы наклоненія пологихъ граней $B'C$ и AD' вообще равны между собою. Въ вычисленія не вводятъ этотъ уголъ, а отношеніе (фиг. 394) $\frac{CH}{BH}$, гдѣ BH называется *заложеніемъ*

отлогости; очевидно, что $\frac{CH}{BH} = \text{tang } CBH$. Для краткости означимъ

фиг. 394.



$\frac{CH}{BH}$ чрезъ p , верхнюю ширину CD насыпи чрезъ $2a$, нижнюю ширину AB чрезъ $2b$, $A'B'$ (фиг. 393) чрезъ $2b'$, высоту EF чрезъ y и $E'F'$ чрезъ y' , площадь $ABCD$ чрезъ q и $A'B'C'D'$ чрезъ q' , наконецъ длину насыпи чрезъ l . Тогда $b = a + p \cdot y$, $b' = a + p \cdot y'$, $q = [2a + py] \cdot y$ и $q' = [2a + py'] \cdot y'$. Представимъ себѣ на разстояніи, равномъ x вертикальный разрѣзъ, котораго площадь равна q_x , высота y_x и основаніе $2b_x$; тогда получимъ

$$l : x = [y - y'] : [y - y_x]; \text{ откуда}$$

$$y_x = y - \frac{x}{l} [y - y']; \text{ но такъ какъ}$$

$q_x = [2a + py_x] y_x$, то получимъ

$$q_x = \left(2a + py - \frac{x}{l} p [y - y'] \right) \left(y - \frac{x}{l} [y - y'] \right) \dots (A).$$

Означая кубическое содержаніе всей насыпи чрезъ К, получимъ $dK = q_x dx$; отсюда слѣдуетъ, что должно послѣднее произведеніе (А) умножить на dx по уничтоженіи скобокъ. Взявъ интегралъ между предѣлами $x = 0$ и $x = l$, получимъ $K = al [y + y'] + \frac{1}{3} pl [y^2 + yy' + y'^2] \dots (1)$. Можно получить величину К, вставляя въ уравненіе (1) величины q и q' , и выражая p относительно q и q' ; тогда

$$K = \frac{1}{6} l \left(q \left[2 + \frac{y'}{y} \right] + q' \left[2 + \frac{y}{y'} \right] \right) \dots (II). \text{ Формула (1) вычислена}$$

при томъ предположеніи, что основаніе АВ' (фиг. 393) представляетъ плоскость и, что высота y перпендикулярна къ прямымъ АВ и А'В'. Но весьма рѣдко случается, чтобы линіи АВ и А'В' были прямыя и слѣдовательно основаніе насыпи представляло плоскость. По этой причинѣ слѣдовало-бы при вычисленіи К взять въ соображеніе форму нижняго основанія; но однако нѣтъ никакой возможности постановлять постоянныхъ законовъ измѣненія поверхности между двумя поперечными разрѣзами; потому не будемъ входить въ лишнія подробности, но покажемъ способъ вычисленія, удобно примѣняемый ко всемъ случаямъ и формамъ, встрѣчающимся при насыпяхъ и выемкахъ.

Положимъ, что q_0, q_1, q_2 (фиг. 395) представляютъ три разрѣза; разстояніе между q_0 и q_1 равно h_1 и между q_1 и q_2 равно h_2 ; представимъ себѣ, что на разстояніи x отъ перваго разрѣза находится разрѣзь q_x , который выраженъ функціею

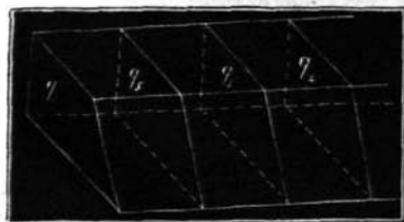
$$q_x = q_0 + \alpha x + \beta x^2 + \dots (III), \text{ гдѣ } \alpha \text{ и } \beta \text{ суть неизвѣстныя постоянныя ко-$$

личества. Изъ предъидущаго имѣемъ

$$dK = q_x dx = q_0 dx + \alpha x dx + \beta x^2 dx \text{ и } K = q_0 x + \frac{1}{2} \alpha x^2 + \frac{1}{3} \beta x^3.$$

Для полученія кубическаго содержанія между разрѣзами q_0 и q_2 , вставимъ въ послѣднее выраженіе всю длину $h_1 + h_2$ вмѣсто x ; тогда получимъ

$$K = [h_1 + h_2] \left(q_0 + \frac{1}{2} \alpha [h_1 + h_2] + \frac{1}{3} \beta [h_1 + h_2]^2 \right)$$



фиг. 395.

Замѣняя въ уравненіи (III) q_x чрезъ q_1 и q_2 , должно вставлять h_1 и $h_1 + h_2$ вмѣсто x ; тогда будетъ :

$$q_1 = q_0 + \alpha h_1 + \beta h_1^2 \text{ и } q_2 = q_0 + \alpha [h_1 + h_2] + \beta [h_1 + h_2]^2; \text{ откуда}$$

$$\alpha = \frac{h_1 [q_0 - q_2]}{h_2 [h_1 + h_2]} - \frac{[h_1 + h_2] [q_0 - q_1]}{h_1 h_2} \text{ и}$$

$$\beta = \frac{[q_0 - q_1]}{h_1 h_2} - \frac{[q_0 - q_2]}{h_2 [h_1 + h_2]}.$$

Вставляя величины α и β въ последнее уравненіе для K , получимъ

$$K = \frac{1}{6} [h_1 + h_2] \left(2 [q_0 + q_1 + q_2] + \frac{h_2}{h_1} [q_1 - q_0] + \frac{h_1}{h_2} [q_1 - q_2] \right) \dots (IV).$$

Въ этой формулѣ представляется кубическое содержаніе K независимо отъ формы нижняго основанія, ибо въ ней помѣщены только разрѣзы и разстоянія между ними. Если разстоянія h_1 и h_2 равны между собою, то формула (IV) значительно упростится; ибо будетъ

$$K = \frac{1}{3} h [q_0 + 4q_1 + q_2] \dots (V).$$

Если проведено нѣсколько разрѣзовъ, равно отстоящихъ одинъ отъ другаго, то для кубическаго содержанія между n разрѣзами q_0 до q_n получимъ при n , равномъ четному числу :

$$K = \frac{1}{3} h [q_0 + 4q_1 + 2q_2 + 4q_3 + 2q_4 + \dots + 4q_{n-1} + q_n] \dots (VI).$$

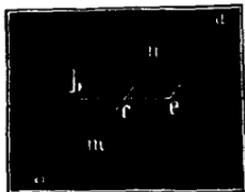
При двухъ разрѣзахъ, помѣщенныхъ на оконечностяхъ, получается величина K по формулѣ (II) съ достаточною вѣрностью. Поперечные разрѣзы могутъ быть при этомъ наклонены къ горизонту; высоты y и y_1 должны быть проведены чрезъ средину верхней поверхности. При длинныхъ насыпяхъ, когда разстоянія между профилями неравны между собою, вычисляють по формулѣ (IV) кубическое содержаніе земли, находящейся между каждыми тремя разрѣзами; если при этомъ остаются на оконечности двѣ профили, то опредѣляютъ кубическое содержаніе земли, между ними заключающей, по формулѣ (II). При равныхъ разстояніяхъ найдется кубическое содержаніе по формулѣ (VI), или повтореннымъ приложеніемъ формулы (V).

Изъ предъидущаго извѣстно, что поперечныя профили должны быть проведены въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ мѣстность наиболѣе измѣняется, а потому разстоянія между ними не могутъ быть равны между собою. Если-же пожелаютъ производить вычисленія по простѣйшимъ формуламъ, то должно располагать профили на равныхъ разстояніяхъ; чрезъ это весьма часто увеличивается число профилей, и даже можетъ случиться, что работы въ полѣ несравненно болѣе замѣдятъ ходъ

дѣйствія, нежели вычисленія по формуламъ (V) или (VI). По этой причинѣ строитель долженъ располагать свои работы сообразно съ обстоятельствами и условіями.

Ясно, что все до сихъ поръ сказанное также относится къ выемкамъ; ибо изображеніе насыпи совершенно сходно съ фигурою выемки. Въ тѣхъ случаяхъ, когда одну часть должно насыпать, а другую

фиг. 396.



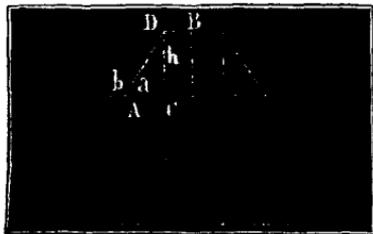
срывать, вычисляютъ кубическое содержаніе *седи* (фиг. 396) выемки и *авст* насыпи.

Поперечныя профили $q, q', q'' \dots$ опредѣляются вообще графически. Въ каждой профили проводятъ извѣстную высоту u чрезъ точку E (ф. 394) оси проекта, откладываютъ отъ E въ обѣ стороны половину ширины верхней поверхности, и проводятъ прямыя, означающія пологія грани; тогда получится требуемая профиль, площадь которой опредѣлится извѣстными способами.

§ 171. Легчайшій способъ вычисленія кубическаго содержанія земли.

Принимая насыпь разсѣченною плоскостями, параллельными къ верхней ея поверхности и отстоящими одна отъ другой на h (ф. 397), и что ширина верхней поверхности равна B , получимъ отношеніе $\frac{AC}{CD} = \frac{a}{h} = m$; тогда

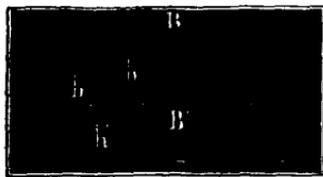
фиг. 397.



площадь q профили верхняго слоя равна $h [B + mh]$, втораго слоя $h [B + 2b + 3mh]$, третьяго $h [B + 4b + 5mh]$ и вообще площадь n -го слоя равна $h (B + 2b [n - 1] + mh [2n - 1])$. Для площади всей профили получимъ $Q^2 = nh (B - b + n$

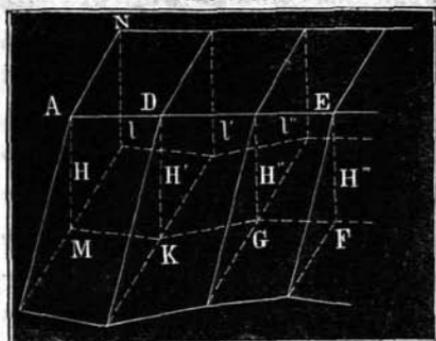
$(b + mh)$), гдѣ n означаетъ число слоевъ. Часто случается, что высота нижняго слоя менѣе высоты прочихъ слоевъ; тогда при верхней ширинѣ B' (фиг. 398) послѣдняго слоя и его высоту h_1 , получимъ $B' = B + 2n (b + mh)$, полагая, что этотъ слой находится подъ n -мъ слоевъ; площадь его профили равна $Q'^2 = h_1 (B + 2n [b + mh] + mh_1)$, и наконецъ площадь всей профили будетъ $Q^2 + Q'^2 =$

фиг. 398.



$nh (B - b + n (b + mh)) + h_1 (B + 2n (b + mh) + mh_1)$.

Фиг. 399.



Полагая, что нижняя и верхняя грани насыпи представляют горизонтальные плоскости, вычисляють кубическое содержаніе слѣдующимъ образомъ: насыпь можно принимать за тѣло, состоящее: 1) изъ призмъ съ основаніемъ ADEFGKM (Ф. 399) и высотой AN, равною ширинѣ В верхней грани насыпи, и изъ тѣла, составленнаго изъ усѣченныхъ пирамидъ. Объемъ призмъ равенъ:

$$\frac{B}{2} (l [H_1 + H_2] + l_1 [H_1 + H_2] + l_2 [H_2 + H_3] + \dots)$$

Объемъ тѣла, состоящаго изъ усѣченныхъ пирамидъ, равенъ, при отношеніи m отлогостей насыпи,

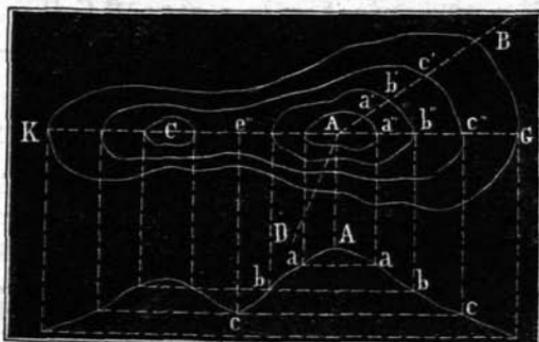
$$\frac{m}{3} \left[l (H_1^2 + H_2 [H_1 + H_2]) + l_1 (H_1^2 + H_2 [H_1 + H_2]) + l_2 (H_2^2 + H_3 [H_2 + H_3]) \right] + \dots$$

Принимая разстоянія l, l_1, \dots такой длины, чтобы линіи МК, КГ... можно было разсматривать, какъ прямыя, и означая суммы: $H_1^2 + H_2 [H_1 + H_2]$ чрезъ A_1 , $H_2^2 + H_3 [H_2 + H_3]$ чрезъ A_2 и т. д., получимъ для объема всей насыпи

$$O = l (B [H_1 + H_2 + H_3 + \dots]) + \frac{m}{3} (A_1 + A_2 + A_3 + \dots)$$

§ 172. *Опредѣленіе неровностей посредствомъ горизонтальныхъ сѣченій.*

Фиг. 400.



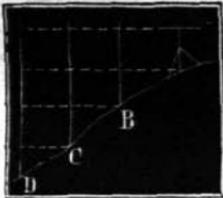
а) *Извлеченіе.* Провѣсивъ на мѣстности линіи АВ, АС, АД, АГ... (Ф. 400) чрезъ самую возвышенную точку А, разсѣкають мѣстность равно отстоящими горизонтальными плоскостями, и замѣчаютъ точки пересѣченія этихъ плоскостей съ провѣшенными линіями. Точки пересѣченія, лежа-

щія въ одной горизонтальной плоскости, соединяють между собою кривою линією, которая называется *горизонталью* или *горизонтальнымъ сѣченіемъ* (см. § 148); горизонталь изображаетъ на горизонтальной плоскости пересѣченія данной мѣстности съ плоскостями сѣченія; слѣдовательно горизонталь, проведенная на бумагѣ, даетъ ясное понятіе о возвышеніяхъ и углубленіяхъ мѣстности, также о направленіи и степени крутизны покатостей.

Чтобы получить точки, лежащія на одной горизонтальной, произво-

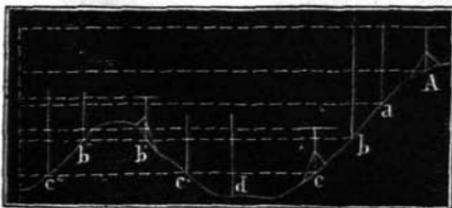
дять нивеллировку по направленію провѣшенныхъ линій АВ, АС, АД... Положимъ, что вертикальныя разстоянія между плоскостями сѣченія должны равняться β футамъ; поставивъ инструментъ въ наивысшей точкѣ А, измѣряютъ его высоту α , а цѣль рейки закрѣпляютъ такъ, чтобы ея черта отстояла отъ основанія рейки на высоту $\alpha + \beta$. По приведеніи оптической оси зрительной трубы въ горизонтальное положеніе, наводятъ трубу по направленію линіи АС. Потомъ ставятъ рейку съ закрѣпленною цѣлью въ такой точкѣ a'' линіи АС, чтобы горизонтальная нить сѣтки съ точностью покрывала черту цѣли; тогда точка a'' находится ниже точки А на β футовъ. Воткнувъ въ точкѣ a'' кольшечекъ съ замѣткою, передвигаютъ цѣль еще на β футовъ выше такъ, чтобы черта цѣли отстояла отъ нижняго основанія рейки на $\alpha + 2\beta$ футовъ. Закрѣпивъ цѣль въ этомъ положеніи, ставятъ рейку въ такой точкѣ b'' , чтобы горизонтальная нить покрывала черту цѣли. Потомъ поднимаютъ цѣль опять на β футовъ, и поступаютъ точно такимъ-же образомъ для опредѣленія точки c'' . Измѣривъ горизонтальныя разстоянія $Aa'', a''b'', b''c''$..., откладываютъ ихъ длины на планѣ по направленію прямой АС. Опредѣливъ такимъ-же образомъ на линіи АВ точки a', b', c' ... и измѣривъ горизонтальныя разстоянія $Aa', a'b'$..., наносятъ полученныя длины на планѣ. Потомъ опредѣляютъ точки на линіи АД и т. д. Если при опредѣленіи точекъ В, С, D...

фиг. 401.



(фиг. 401) окажется, что лучъ зрѣнія проходитъ выше цѣли, которую нельзя болѣе подымать по рейкѣ, поставленной въ точкѣ D, то должно перенести нивеллиръ въ опредѣленную уже точку c (фиг. 402), а цѣль закрѣпить на высотѣ $\alpha + \beta$, и продолжать дѣйствіе по предъидущему. Изъ точки А стоянія нивеллира опредѣлены точки a и b первой покатости; при этомъ отъ-

фиг. 402.

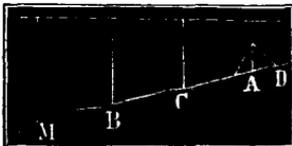


искиваютъ точки второй покатости, лежація съ первыми на одномъ уровнѣ; точкѣ a не соотвѣтствуетъ ни какая точка второй покатости. но поставивъ въ точкѣ b' рейку, имѣющую цѣль на высотѣ $\alpha + 2\beta$, замѣчаемъ, что горизонтальная нить

сѣтки совмѣщается съ чертою цѣли. Узнавъ, что цѣль нельзя подыять на высоту $\alpha + 4\beta$, переносятъ нивеллиръ въ точку c , а цѣль

опускаютъ на 3β такъ, чтобы ея черта отстояла на $\alpha' + \beta$, гдѣ α' означаетъ высоту инструмента, поставленнаго въ точкѣ c ; рейка, поставленная въ точкѣ d , опредѣлитъ точку, лежащую на высоту β ниже c . Отъ точки d мѣстность возвышается, слѣдовательно должно опредѣлить точки, лежащія выше d на $\beta, 2\beta, \dots$; для опредѣленія точки c' должно цѣль рейки опустить на β такъ, чтобы ея черта отстояла на α . Далѣе замѣчаемъ, что на той-же отлогости нѣтъ точекъ, лежащихъ выше найденной b' на $\beta, 2\beta, \dots$, а потому должно опредѣлить точки, находящіяся ниже найденныхъ, или на одномъ уровнѣ съ ними; для этого переносятъ нивелиръ въ точку b' , и закрѣпляютъ цѣль на высоту α'' инструмента. Потомъ, опредѣливъ точку b'' , находящуюся на одномъ уровнѣ съ b' , поднимаютъ цѣль на высоту β такъ, чтобы ея черта отстояла на $\alpha'' + \beta$, и опредѣляютъ точку c'' . Точки b, b', b'' , также c, c', c'' находятся на одномъ уровнѣ; дѣйствительно точки b и b' опредѣлены по одной и той-же высотѣ $\alpha + 2\beta$ рейки, также b' и b'' по высотѣ α'' , слѣдовательно всѣ три точки находятся на одной горизонтальной плоскости. Точки c и c' опредѣлены по высотѣ α' , но c' ниже b' на высоту β , и c'' ниже b'' также на β , слѣдовательно c, c', c'' находятся на той-же горизонтали.

Фиг. 403.



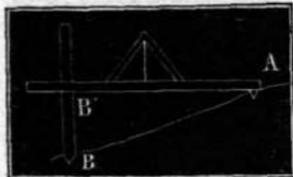
Если-же дѣйствіе начинаютъ не съ наивышей точки, а съ низжайшей, принимая поверхность воды за сравнительную плоскость, то ставятъ рейку въ точкѣ M , (фиг. 403) находящейся въ одномъ уровнѣ съ водою, а нивелиръ въ какой нибудь точкѣ A покатоности. По приведеніи оптической оси въ горизонтальное положеніе, наводятъ трубу на рейку и опредѣляютъ высоту цѣли. Потомъ опускаютъ цѣль на величину β , означающую разстояніе между горизонтальными плоскостями сѣченія, и придвигаютъ рейку къ нивелиру до тѣхъ поръ, пока горизонтальная нить покроетъ черту цѣли. Точка стоянія рейки опредѣлитъ точку B , лежащую выше M на β . Такимъ-же образомъ опредѣлятся точки C, D, \dots

Для удобнѣйшаго нанесенія опредѣленныхъ точекъ на планъ, принято означать точки одной горизонтали тѣми-же замѣтками. Разстоянія по вертикальной линіи между горизонталями принимается въ $3\frac{1}{2}$ фута. Если нивелированіе производятъ съ наивышей точки,

то ведутъ счетъ горизонталямъ сверху внизъ; при нивелированіи съ уровня воды, горизонталн считаются снизу вверхъ.

б) *Плотничимъ ватерпасомъ.* Провѣшивъ на мѣстности линіи, по направленію которыхъ должно опредѣлить точки горизонталей, ставя

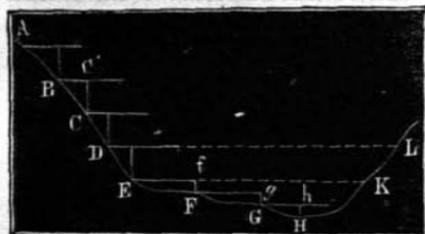
фиг. 404.



вать одинъ конецъ ватерпаса (фиг. 404) въ наивысшей точкѣ мѣстности; приведя нижній брусъ въ горизонтальное положеніе отыскиваютъ такую точку мѣстности, вертикальное разстояніе которой до нижняго бруса, равнялось-бы β . Эта точка опредѣляется рей-

кою, передвигаемою до тѣхъ поръ, пока нижній ея конецъ будетъ отстоять отъ бруса ватерпаса на β . Получивъ точку В, втыкаютъ въ ней колышекъ съ замѣткою; горизонтальное разстояніе между точками А и В опредѣляютъ по числу дѣленій, помѣстившихся между концемъ А и точкою В' пересѣченія края рейки съ краемъ нижняго

фиг. 405.



бруса. Потомъ кладутъ конецъ ватерпаса на колышекъ В (фиг. 405), приводятъ нижній брусъ въ горизонтальное положеніе, и приставляютъ рейку такъ, чтобы нижній конецъ ея отстоялъ отъ нижняго бруса на β ; тогда получаютъ точку С и

горизонтальное разстояніе между точками В и С. Такимъ-же образомъ опредѣлятся точки D и E. Поставивъ ватерпасъ однимъ концемъ въ E, и приведя нижній брусъ въ горизонтальное положеніе, замѣчаемъ, что на линіи EF нѣтъ такой точки, которая отстояла-бы отъ бруса ватерпаса на β ; а потому должно опредѣлить превышеніе fF конца f ; положимъ, что $fF = \gamma$ и $\beta - \gamma = \vartheta$. Потомъ кладутъ ватерпасъ однимъ концемъ на F, и замѣчаютъ такую точку мѣстности, которая отстояла-бы отъ нижняго бруса на ϑ ; полагая, что на линіи FG нѣтъ такой точки, приставляютъ рейку къ концу ватерпаса, и опредѣляютъ высоту $Gg = \varepsilon$; тогда $\beta - (\gamma + \varepsilon) = \vartheta'$, гдѣ $\vartheta' < \vartheta$. Опять кладутъ ватерпасъ однимъ концемъ на G, и отыскиваютъ такую точку мѣстности, вертикальное разстояніе которой отъ нижняго бруса равнялось-бы ϑ' ; пусть такая точка будетъ H.

Тогда H ниже E на $\vartheta + \varepsilon + \gamma = fF + Gg + Hh$, а горизонтальное разстояніе между точками E и H равно $Ef + Fg + Gh = 2l + Gh$,

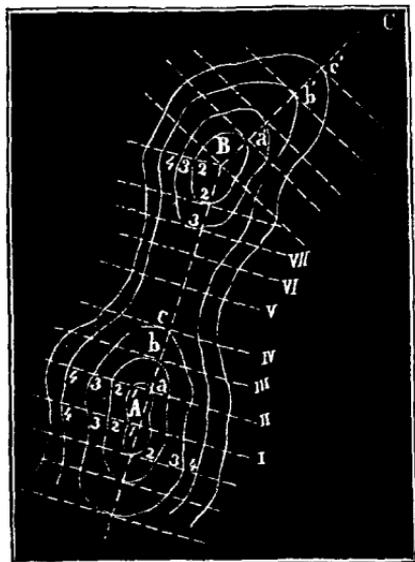
гдѣ l означаетъ длину нижняго бруса. Отъ точки H начиная, мѣстность возвышается; а потому должно опредѣлить точки, лежащія выше H на $\beta, 2\beta...$ Для этого ставятъ рейку въ точкѣ H , и приставляютъ къ ней горизонтальный брусъ ватерпаса такъ, чтобы онъ пересѣкалъ рейку на высотѣ, равной β и, чтобы конецъ его упирался въ землю; тогда опредѣлится точка K ; точно также отыскиваются точки $L, M...$

При съемкѣ береговъ рѣки наносятъ на глазъ контуры овраговъ, холмовъ, лощинъ и т. д.; при этомъ проводятся горизонталы въ видѣ параллельныхъ линій, когда покатость представляетъ плоскость или коническую или цилиндрическую поверхность; въ видѣ кривыхъ составляющихъ входящія углы, въ случаѣ лощины или оврага; въ видѣ кривыхъ, составляющихъ исходящія углы въ случаѣ ребра или выдающейся части. Чѣмъ покатость отложе, тѣмъ болѣе расходятся горизонталы; чѣмъ она круче, тѣмъ болѣе они сближаются (§ 149).

§ 173. *Инженерная съемка.* Для построения укрѣпленія или для составленія модели мѣстности, должно имѣть точнѣйшее изображеніе земной поверхности. Опредѣливъ на бумагѣ кривыя пересѣченія данной мѣстности съ горизонтальными плоскостями, получимъ точное изображеніе всѣхъ видоизмѣненій мѣстности. За сравнительную плоскость принимаютъ поверхность воды, или проводятъ ее чрезъ наивысшую точку мѣстности, опредѣливъ сначала превышеніе этой точки надъ горизонтомъ воды. Вертикальныя разстоянія между плоскостями сѣченія зависятъ отъ даннаго масштаба съемки, отъ степени крутизны покатостей и отъ степени точности, съ которою требуется произвести нивелировку. На мѣстности съ крутыми скатами, вертикальныя разстоянія дѣлаютъ отъ $\frac{1}{2}$ до 1 сажени и болѣе; при пологихъ скатахъ они бывають отъ 1 до $3\frac{1}{2}$ футовъ. Точки горизонтальныхъ сѣченій наносятъ на планъ въ масштабѣ 10 сажень въ дюймѣ. При опредѣленіи горизонталей съ удобствомъ употребляется ватерпасъ съ рейкою, описанный въ § 33.

а) Дѣйствіе начинаютъ обозрѣніемъ мѣстности; при чемъ избирають сравнительную или нулевую плоскость. Положимъ, для примѣра, что она проходитъ чрезъ наивысшую точку A мѣстности. По свойству мѣстности выбираютъ одну или нѣсколько главныхъ линій, пролегающихъ преимущественно по хребтамъ и исходящимъ частямъ; эти линіи, составляющія ломанную, называются *базисами* или *дирек-*

трисами. На директрисахъ (фиг. 406) АВ и ВС опредѣляютъ точки *a*, *b*, *c*, *a'*, *b'*... по возможности точнѣе, хорошо вывѣреннымъ нивелиромъ, начиная дѣйствіе съ точки А, и принимая вертикальныя разстоянія между точками *a* и *b*, *b* и *c* и т. д. равными разстояніямъ между плоскостями сѣченія. Означивъ точки *a*, *b*... , *a'*, *b'*... кольшкми съ соответствующими нумерами, измѣряютъ горизонтальныя разстоянія *Aa*, *ab*, *bc*; потомъ опредѣляютъ разность уровней точекъ В и *b'*, и измѣряютъ уголъ АВС. Изъ точекъ А, В, *a*, *b*, *c*, *a'*, *b'*... возставляютъ перпендикуляры, и опредѣляютъ на нихъ точки горизонтальныхъ сѣченій; эти точки означаютъ кольшкми съ соответствующими нумерами. Результаты произведенныхъ нивелировокъ записываютъ въ таблицѣ:



b, *c*, *a'*, *b'*... по возможности точнѣе, хорошо вывѣреннымъ нивелиромъ, начиная дѣйствіе съ точки А, и принимая вертикальныя разстоянія между точками *a* и *b*, *b* и *c* и т. д. равными разстояніямъ между плоскостями сѣченія. Означивъ точки *a*, *b*... , *a'*, *b'*... кольшкми съ соответствующими нумерами, измѣряютъ горизонтальныя разстоянія *Aa*, *ab*, *bc*; потомъ опредѣляютъ разность уровней точекъ В и *b'*, и измѣряютъ уголъ АВС. Изъ точекъ А, В, *a*, *b*, *c*, *a'*, *b'*... возставляютъ перпендикуляры, и опредѣляютъ на нихъ точки горизонтальныхъ сѣченій; эти точки означаютъ кольшкми съ соответствующими нумерами. Результаты произведенныхъ нивелировокъ записываютъ въ таблицѣ:

означаютъ кольшкми съ соответствующими нумерами. Результаты произведенныхъ нивелировокъ записываютъ въ таблицѣ:

По какимъ линіямъ произведена нивелировка.	Горизонтальныя разстоянія.		
	Саж.	Фут.	Примѣчанія.
По базѣ АВ			Точка А выше горизонта воды на 23 саж. 4,5 фута.
Отъ А до <i>a</i>	3	4,5	
» А » <i>a'</i>	1	3	
» <i>a</i> » <i>b</i>	1	6	
» <i>b</i> » <i>c</i>	1	5,6	
» <i>c</i> » <i>c'</i>	2	6	
» <i>c'</i> » <i>b'</i>	2		
» <i>b'</i> » В	1	4	
По базѣ ВС			Точка В выше второй плоскости на 1,7 фута. Уголъ АВС = 108° 54'
Отъ до			
По перпендикуляру № 1			Точка С выше четвертой плоскости на 2,1 фута.
Отъ А до 1			
» 1 » 2			
» 2 » 3			

Для получения на бумагѣ кривыхъ горизонтальныхъ сѣченій, проводятъ прямую АВ (фиг. 406) и откладываютъ на ней разстоянія Аа, аb, bс...; при точкѣ В строятъ уголъ АВС. Изъ полученныхъ точекъ возставляютъ перпендикуляры, и по нимъ откладываютъ разстоянія А1, А2 — А1, А3 — А2 и т. д. Означивъ каждую полученную точку своимъ номеромъ, соединяютъ точки, имѣющія одинаковые номера, кривыми линиями. Если за сравнительную плоскость принимается горизонтъ воды, то проводятъ директрису чрезъ точку А горизонта воды, и опредѣляютъ точки горизонтальныхъ сѣченій снизу вверхъ.

в) Данную для съемки мѣстность покрываютъ геометрическою или тригонометрическою сѣтью (фиг. 407). Потомъ опредѣляютъ на сторонахъ треугольниковъ точки горизонталей, и измѣряютъ разстоянія между ними. Изъ точекъ горизонталей возставляютъ къ сторонамъ треугольниковъ перпендикуляры, и производятъ нивелированіе по этимъ перпендикулярамъ. На мѣстности означаютъ точки одного уровня колышками съ соответствующими номерами; нанеся на бумагу по сторонамъ треугольниковъ горизонтальныя разстоянія между точками горизонталей, соединяютъ кривыми линиями точки, имѣющія одинаковые номера. Этотъ способъ, по сложности своей, не употребляется для съемки значительнаго пространства, но производятъ *горизонтальное* нивелированіе.

фиг. 407.



г) На опредѣленной линіи FC (фиг. 408) замѣчаютъ точки А, В, С... пересѣченія ея съ горизонталями. Отъ какой-нибудь точки А этой линіи производятъ нивелированіе по ломанной линіи, и замѣчаютъ точки А', А'', А'''..., лежащія съ точкою А на одномъ уровнѣ. Потомъ опредѣляютъ положеніе этихъ точекъ посредствомъ мензулы или буссоли. Точно также опредѣляютъ отъ В точки В', В'', В'''..., лежащія съ В на одной горизонтали и т. д.

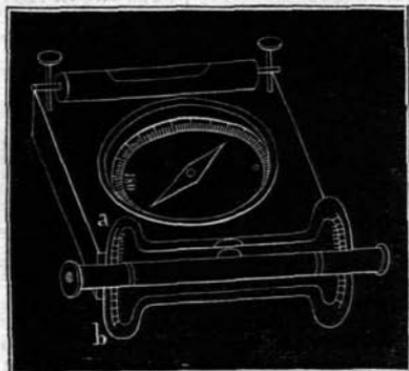
фиг. 408.



§ 174. При этомъ дѣйствіи съ удобствомъ употребляется буссоль Клера (фиг. 409); она состоитъ изъ квадратнаго ящика, внутри котораго вдѣлывается серебряный кружокъ въ видѣ кольца, раздѣленный

на градусы; въ центрѣ утверждается шпиль съ магнитною стрѣлкою.

Фиг. 409.



Съ боку ящика находится зрительная трубочка, приделанная къ липейкѣ, движущейся около центра дуги *ab*, раздѣленной на градусы. При вращеніи зрительной трубы, оптическая ось должна описывать плоскость, перпендикулярную къ плоскости лимба и вмѣстѣ съ тѣмъ параллельную къ диаметру, проходящему чрезъ 0 и 180°. На дугѣ *ab* располагають градусныя дѣленія такъ, чтобы показателъ со-

вмѣстился съ нулемъ при горизонтальномъ положеніи лимба и оптической оси трубочки. Къ нижней поверхности ящика приделана трубка съ яблокомъ, которая насаживается на штативъ. Плоскость лимба приводится въ горизонтальное положеніе посредствомъ уровня, находящагося при зрительной трубкѣ. Нуль градуснаго дѣленія лимба помѣщенъ на оконечности діаметра, обращенной къ предметному стеклу. При опредѣленіи азимутовъ должно соблюдать слѣдующее: 1) отсчитываютъ число градусовъ, помѣстившееся между сѣвернымъ концемъ магнитной стрѣлки и нулемъ градуснаго дѣленія, и 2) наносятъ азимуты на бумагѣ отъ сѣвернаго конца поперечной линіи въ сторону, противоположную той, въ которую означены градусныя дѣленія.

По приведеніи оптической оси трубочки въ горизонтальное положеніе возможно опредѣлить на рейкѣ точку пересѣченія продолженной оптической оси съ горизонтальною чертою цѣли рѣки, какъ и нивелирнымъ инструментомъ. Посредствомъ-же угловъ, составляемыхъ осью магнитной стрѣлки съ линіями визироваія, означается на планѣ направленіе линій, по которымъ производилось нивелированіе.

ОТДѢЛЪ III.

МЕЖЕВАНІЕ.

§ 175. Постановленіе и утвержденіе границъ между различными владѣніями называется *межеваніемъ*. Межеваніе бываетъ: а) *вотчинное*, которое утверждаетъ границы земли, принадлежащей частному лицу; б) *генеральное*, имѣющее цѣлью обмежевать всѣ земли въ Государствѣ; в) *опекунское*, отдѣляющее земли колонистамъ; д) *спеціальное*, имѣющее цѣлью соединить всѣ земли, принадлежащія одному владѣтелю, въ одно цѣлое; и е) *коштное*, когда издержки на межеваніе наложены на владѣтеля дачи.

§ 176. Границы означаются на землѣ межевыми знаками; они суть: *межники, ямы и столбы* (Св. Зак. X т., часть II, книга 2, разд. 4, гл. II). Межникомъ называется полоса земли, которая на городской межѣ отъ уѣздныхъ земель, и между двумя уѣздами оставляется шириною въ три сажени; на становой межѣ межникъ долженъ быть въ $1\frac{1}{2}$ сажени, и между казенными, удѣльными и владѣльческими землями въ 1 сажень. Полоса земли, требуемая на межникъ, отдѣляется по-ровну отъ обонхъ смежныхъ владѣній.

У починнаго (начальнаго) пункта вырываютъ (Св. Зак. X т. часть II, ст. 512) по обѣ стороны межника двѣ ямы: одну на сторонѣ одного владѣнія, а другую противъ первой на сторонѣ смежнаго владѣнія. Горизонтальныя ребра ямъ должны составлять квадратъ. На городской межѣ ширина ямы должна быть въ $2\frac{1}{2}$ саж., а глубина въ 2 сажени. На становой межѣ ширина ямы должна быть въ 2 саж., а глубина въ $1\frac{1}{2}$ саж.; на межахъ между казенными, удѣльными и владѣльческими землями ихъ ширина должна быть въ $1\frac{1}{2}$ саж., а глубина въ сажень. При всѣхъ поворотахъ межи, т. е. въ вершинахъ

угловъ, составляемыхъ двумя смежными межниками, вырываютъ яму. Если межа имѣеть значительное протяженіе по прямому направленію, то должно вырывать ямы на каждыя 250 саж. Частные случаи вырѣтія ямъ помѣщены въ ст. 513 до 522, часть II, т. X.

На межахъ, предъ всѣми ямами ставятъ столбы (ст. 522), вышиною въ 2 аршина надъ землею, а на аршинъ вкапываютъ ихъ въ землю. На каждомъ столбѣ вырубаютъ двѣ грани: одну назадъ, а другую впередъ по межѣ. Надъ этими гранями выжигаютъ на столбахъ Государственный гербъ. Въ степныхъ мѣстахъ, которыя отъ лѣсовъ далѣе 25 верстъ, замѣняютъ деревянные столбы треугольными ямами, вырываемыми въ разстояніе сажени отъ обыкновенной ямы. Въмѣсто деревянныхъ столбовъ и треугольныхъ ямъ, дозволяется ставить каменные или кирпичные четырехгранные столбы. Если между должно провести близъ живаго рубежа, т. е. подлѣ рѣчки, озера или оврага, то во всѣхъ изгибахъ рубежа должно копать ямы, и ставить столбы; сверхъ того должно измѣрить перпендикуляры, опущенные на межу изъ точекъ, означенныхъ столбами; въ межевыхъ книгахъ надлежитъ записывать полученныя длины и румбическіе углы, измѣренныя въ точкахъ живаго рубежа. На планѣ должно означать положеніе живаго рубежа, и точки, означенныя на мѣстности столбами. Въ лѣсныхъ дачахъ, по направленію межи, долженъ каждый владѣлецъ прорубать просѣку, шириною въ $\frac{1}{2}$ сажени. Если островъ принадлежитъ владѣнію, то наносятъ только его контуръ; но если онъ принадлежитъ разнымъ владѣтелямъ, то должно его обмежевать, и означать межи установленными знаками. На межахъ дачи, заключающей менѣе десятины, не вырываютъ ямы и не ставятъ столбы, а объѣзжаютъ межи сохами по три раза. Для копанія ямъ, поставки столбовъ и ношенія цѣпей, землемѣръ беретъ крестьянъ, какъ изъ межуемаго селенія, такъ изъ прикосновенныхъ къ оному селъ и деревень (ст. 63). По утвержденіи межи (ст. 539), владѣтели обязываются подпискою сберегать въ цѣлости межевые знаки, и разчищать ежегодно прорубленныя просѣки; когда ямы заровняются и столбы выгниютъ, тогда владѣтели должны объ этомъ объявить Уѣздному Суду. Въ селеніяхъ сотскіе обязаны наблюдать за сбереженіемъ межевыхъ знаковъ.

§ 177. Не взирая на выгоды, доставляемыя мензулою предъ прочими угломѣрными инструментами, употребляютъ преимущественно астролябію при производствѣ межевой съемки. До начатія работы

(см. приложение къ ст. 358) землемѣръ обязанъ повѣрять астролѣбію и мѣрную цѣпь; онъ также долженъ заблаговременно заготовить требуемое число кольевъ, веревокъ, шнуровъ и землемѣрныхъ столбовъ.

Владѣльцы, которыхъ земли межаются, должны или сами при томъ находиться, или прислать отъ себя повѣренныхъ (ст. 266). Повѣренные должны имѣть вѣрующія письма, которыя совершаются домашнимъ порядкомъ, но пишутся на гербовой бумагѣ, и подписываются самимъ вѣрителемъ и двумя свидѣтелями (ст. 271. Форма вѣрующаго письма помѣщена въ приложеніи къ ст. 271). При самомъ началѣ межеванія, землемѣръ долженъ требовать отъ владѣльцевъ или ихъ повѣренныхъ, сказки о томъ: 1) кто съ кѣмъ полюбовно развелись, или въ тоже время развестись пожелаютъ; 2) чрезъ какія урочища хотятъ провести межи, и къ какимъ именно селеніямъ или пустошамъ, земли приурочиваютъ; 3) сколько за кѣмъ на каждой дачѣ крестьянскихъ дворовъ; 4) сколько за кѣмъ, и въ какомъ селеніи, состоитъ мужескаго поля душъ по послѣдней ревизіи (ст. 324. Форма сей сказки помѣщена въ приложеніи къ ст. 324).

§ 178. Во время производства работы, землемѣръ обязанъ вести *полевой журналъ*, въ которомъ отмѣчаетъ все, что ежедневно происходило при работахъ (ст. 548). Полевой журналъ составляется слѣдующимъ образомъ (см. приложение къ ст. 548):

1) Прибывъ на мѣстность, землемѣръ записываетъ годъ, мѣсяцъ и число, съ котораго часа начата работа, и была-ли она произведена во весь день, или нѣтъ.

2) Должно упоминать о всѣхъ причинахъ, препятствующихъ успѣху работы.

3) Записываютъ сколько находится во владѣніи угодій и неудобныхъ мѣстъ.

4) Записываютъ въ каждый день, сколько сажень пройдено цѣпью, въ какомъ мѣстѣ работа остановлена, и гдѣ выкопана яма, означающая конецъ дневной работы.

5) Замѣчаютъ мѣсто, гдѣ между владѣльцами произошло споръ; начало спора и причины, на основаніи которыхъ обѣ партіи присваиваютъ себѣ земли, должны быть записаны; также должно упомянуть, на кого изъ владѣльцевъ показано подозрѣніе.

6) По окончаніи дневной работы, землемѣръ и всѣ присутствующіе должны подписать дневной журналъ.

7) По окончаніи дневной работы, землемѣръ обязанъ объявлять владѣльцамъ и всѣмъ присутствующимъ, въ который день работа будетъ продолжаться, и причины, почему она не будетъ произведена;

объ этихъ причинахъ должно упомянуть въ дневномъ журналѣ, и потомъ уже приступить къ рукоприкладству.

8) По прибытіи землемѣра на станцію, онъ тотчасъ долженъ нанести на планъ всѣ отмѣченные въ полевомъ журналѣ предметы, для того, чтобы, въ случаѣ несмыкаемости фигуръ, можно было найти на мѣстности, безъ замѣшательства, погрѣшности въ измѣреніи линій и угловъ.

§ 179. *Употребленіе астролябической буссоли.* Румбомъ какой-нибудь линіи на мѣстности называется ея положеніе относительно странъ свѣта; слѣдовательно румбъ бываетъ: сѣверо-восточный (NO), сѣверо-западный (NW), юго-восточный (SO) и юго-западный (SW). Уголъ, составляемый линіею на мѣстности съ магнитнымъ меридіаномъ, называется *румбическимъ угломъ*; румбическіе углы считаются отъ 0 до 90° . Посредствомъ астролябической буссоли опредѣляютъ румбическіе углы слѣдующимъ образомъ: поставивъ астролябію въ точкѣ А (фиг. 410), и приведя лимбъ въ горизонтальное положеніе,

фиг. 410.



наводятъ алидаду на точку В. Закрѣпивъ нажимательный винтъ алидады, ожидаютъ, пока магнитная стрѣлка остановится. Если сѣверный конецъ стрѣлки остановился близъ предметнаго діоптра b , и этотъ діоптръ находится вправо отъ конца n , то румбъ линіи АВ будетъ сѣверо-восточный. Такъ какъ нули градусной подписи буссоли находятся въ коллимаціонной плоскости подвижныхъ діоптровъ, т. е. при точкахъ a и b , то градусная величина румбическаго

угла получится, отсчитавъ число градусовъ, заключающихся между точками b и n . Такимъ-же образомъ найдемъ, что румбъ линіи CD (фиг. 411) будетъ сѣверо-западный, и румбическій уголъ равенъ α° ; румбическій уголъ линіи EF (фиг. 412) равенъ $SO\beta^\circ$ и линіи EG равенъ $SW\gamma^\circ$.

фиг. 411.



фиг. 412.



§ 180. По данному румбическому углу легко провѣшить линію чрезъ данную точку А; положимъ, что данный румбическій уголъ равенъ $SO52^\circ$. Поставивъ астролябію въ точкѣ А (фиг. 413), и приве-

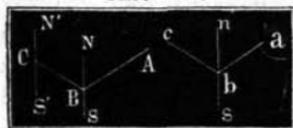
Фиг. 413.



дя ея лимбъ въ горизонтальное положеніе, обращаютъ алидаду до тѣхъ поръ, пока предметный діоптръ помѣстится близь южнаго конца стрѣлки, и влѣво отъ него. Закрѣпивъ нажимательный винтъ алидады, обращаютъ ея микрометрической винтъ, пока южный конецъ стрѣлки совмѣстится съ чертою 52-го градуса.

При измѣреніи съ помощію астролябіи, угла, даннаго на мѣстности, поступаютъ слѣдующимъ образомъ: поставивъ инструментъ въ

Фиг. 414.



вершинѣ В (Фиг. 414) угла ABC, и приведя лимбъ въ горизонтальное положеніе, наводятъ неподвижные діоптры на предметъ С (полагая, что градусная подпись расположена отъ

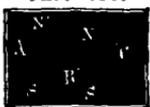
лѣвой руки къ правой). Закрѣпивъ нажимательный винтъ лимба, приводятъ волосокъ діоптра въ точное совмѣщеніе съ предметомъ С, обращеніемъ микрометрическаго винта. Потомъ наводятъ алидаду на предметъ А, закрѣпляютъ ея нажимательный винтъ, и обращеніемъ микрометрическаго винта приводятъ волосокъ діоптра въ совмѣщеніе съ предметомъ А. Отсчитавъ показаніе верньера, получится градусная величина угла ABC. Положеніе алидады относительно магнитной стрѣлки опредѣлитъ румбъ линіи АВ; черта буссольнаго лимба, совмѣстившаяся съ концемъ N или S, покажетъ величину румбическаго угла; пусть онъ равенъ $NO38^\circ$. Положимъ, что въ точкѣ С опредѣленъ румбическій уголъ $S'CB$ линіи СВ. Для построенія угла ABC на бумагѣ, проводятъ прямую ns параллельно къ краю листа (Ф. 414). Означивъ точку b , прикладываютъ транспортиръ къ точкѣ b такъ, чтобы его дуга находилась вправо отъ точки n ; отсчитавъ 38° , отмѣчаютъ точку a , и проводятъ прямую ab . Потомъ прикладываютъ транспортиръ къ прямой ba , такъ, чтобы его дуга была обращена къ точкѣ n , и, отсчитавъ градусную величину угла ABC, отмѣчаютъ точку c . Прямая bc составитъ съ ab горизонтальную проекцію угла ABC. Притомъ стороны ab и bc имѣютъ точно такое положеніе относительно прямой ns , какое имѣютъ соответствующія имъ линіи АВ и ВС относительно магнитнаго меридіана, ибо $\angle nba = \angle NBA$ и $\angle nbc = \angle NBC = \angle S'CB$. Изъ предъидущаго можно вывести заключеніе, что для построенія угловъ на бумагѣ, непременно должно знать румбическіе углы ихъ сторонъ. Такъ какъ посредствомъ транспортира возможно наносить углы только съ приближенною точностью до $30'$,

а астролябією получаютя углы отъ 5' до 5', то должно на бумагѣ строить углы посредствомъ ихъ тангенсовъ (§ 61).

§ 181. Кромѣ изложенной выгоды, доставляемой румбическими углами, представляется возможность повѣрить ими градусную величину астролябическаго угла (уголъ, измѣренный лимбомъ астролябіи, называется астролябическимъ). Здѣсь могутъ встрѣтиться четыре случая.

1) Когда румбы сторонъ измѣренного угла суть NO и SO или NW и SW (Фиг. 415). Румбическій уголъ стороны BC равенъ NBC и стороны AB будетъ S'AB; тогда $\angle ABC = \angle NBC + \angle NBA$, но $\angle NBA = \angle S'AB$, слѣдовательно $\angle ABC = \angle NBC + \angle S'AB$; т. е. астролябическій уголъ равенъ суммѣ румбическихъ угловъ.

Фиг. 415.



2) Когда румбы сторонъ измѣренного угла суть NO и SW или NW и SO (Фиг. 416). При измѣреніи получены румбическіе углы: N'AB стороны AB и SBC стороны BC. Уголъ $\angle ABC = \angle ABS - \angle SBC$, но $\angle ABS = \angle N'AB$, слѣдовательно $\angle ABC = \angle N'AB - \angle SBC$; т. е. астролябическій уголъ равенъ разности румбическихъ угловъ.

Фиг. 416.



3) Когда румбы сторонъ измѣренного угла суть NO и NW или SO и SW (Фиг. 417). Полученные румбическіе углы суть: SAB стороны AB и S'BC стороны BC. Тогда $\angle ABC = 180^\circ - (S'BC + N'BA)$; но $\angle N'BA = \angle SAB$, слѣдовательно $\angle ABC = 180^\circ - (S'BC + SAB)$, т. е. астролябическій уголъ равенъ 180° безъ суммѣ румбическихъ угловъ.

Фиг. 417.



4) Когда румбы сторонъ суть NO и NO, или NW и NW, или SO и SO, или SW и SW (Фиг. 418). При измѣреніи получены румбическіе углы: N'AB стороны AB, и NBC стороны BC. Измѣренный уголъ $\angle ABC = 180^\circ - \angle ABD$, но $\angle ABD = \angle ABS - \angle DBS$, гдѣ $\angle ABS = \angle N'AB$ и $\angle DBS = \angle NBC$, слѣдовательно $\angle ABC = 180^\circ - (N'AB - \angle NBC)$, т. е. астролябическій уголъ равенъ 180° безъ разности румбическихъ угловъ.

Фиг. 418.



Примѣры: а) На мѣстности измѣренъ уголъ $\angle ABC = 36^\circ$ и румбическіе углы его сторонъ NW 38° и SO 74° ; слѣдовательно поправка полученнаго угловъ относится ко 2-му случаю; по выведенной формулѣ

имѣемъ: $\angle ABC = 74^\circ - 38^\circ = 36^\circ$. Отсюда слѣдуетъ, что всѣ три угла измѣрены вѣрно.

б) По известнымъ румбическимъ угламъ: SW 28° и SO 54° повѣрить астролябическій уголъ, равный 97° ; эту повѣрку должно совершить по формулѣ 3-го случая; тогда имѣемъ $\angle ABC = 180^\circ - (54^\circ + 28^\circ) = 98^\circ$. Этотъ выводъ показываетъ, что при измѣреніи произошли ошибки. Для отысканія происшедшихъ ошибокъ, должно на мѣстности повѣрить всѣ три угла. Положимъ, что румбическій уголъ SW 28° оказался невѣрнымъ и, что онъ равенъ SW 29° .

с) Требуется повѣрить уголъ $ABC = 122^\circ 35'$ посредствомъ румбическихъ угловъ SO $10^\circ 30'$ и SO 68° . По формулѣ 4-го случая имѣемъ $\angle ABC = 180^\circ - (68^\circ - 10^\circ 30') = 122^\circ 30'$. Хотя послѣдній результатъ разнится отъ угла ABC, полученнаго измѣреніемъ, однако можно принять, что всѣ три угла опредѣлены вѣрно; дѣйствительно: вычисленіемъ не могъ получиться результатъ, равный $122^\circ 35'$, ибо астролябія и буссоль не даютъ углы съ одинакою точностью; а потому вообще: *если результаты будутъ разниться на 5 минутъ, то принимаютъ, что измѣренные на мѣстности углы вѣрны.*

§ 182. При производствѣ межевой съемки, землемеръ долженъ соблюдать слѣдующія правила:

1) Межи должны, по возможности, пролегать на мѣстности ровной, для того, чтобы удобнѣе было измѣрять цѣпью.

2) Межи должны быть, по возможности длиннѣе; межевой планъ будетъ тѣмъ вѣрнѣе, чѣмъ менѣе поворотовъ дѣлаетъ межа. (На длинной межѣ надлежитъ повѣрять ея румбическій уголъ въ нѣсколькихъ точкахъ).

3) Румбическіе и астролябическіе углы должно опредѣлить и записать по возможности вѣрнѣе; опредѣливъ румбическіе углы сторонъ астролябическаго угла, должно повѣрить всѣ три угла, какъ объяснено выше (§ 181).

4) Когда межа должна пройти чрезъ болото или озеро, то стараются сохранить ея прямолинейное направленіе. Если препятствіе можно обойти, то изъ оконечности А межи СА (фиг. 419) воз-



ставляютъ перпендикуляръ АЕ, и дѣлаютъ его такой длины, чтобы перпендикуляръ ЕF миновалъ препятствіе. Изъ точки F возставляютъ перпендикуляръ FG, и дѣлаютъ его равнымъ перпендикуляру АЕ. Измѣривъ линію EF, получимъ длину AG. Если-же препятствіе не можетъ быть обойдено, то, означивъ коломъ точку В, лежащую на продолженіи межи C'A', провѣшиваютъ произвольную прямую A'D (фиг. 419), измѣряютъ ее цѣпью, и откладываютъ ее по масштабу на

бумагѣ; измѣривъ углы $BA'D$ и $A'DB$ астролябією, строить ихъ при оконечностяхъ проведенной на бумагѣ прямой $A'D$; тогда получится треугольникъ, изъ котораго опредѣлится по масштабу длина линіи $A'B$. Если препятствіе пересѣкаетъ двѣ смежныя межи, то длины ихъ опредѣляютъ слѣдующимъ образомъ: избираютъ (Фиг. 420) на ме-

Фиг. 420.

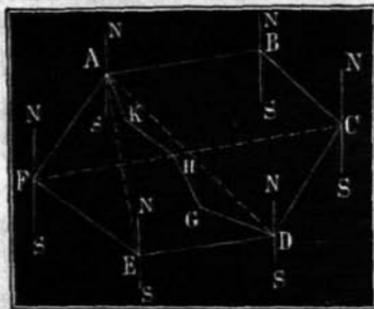


жахъ AB и BC двѣ точки D и E такъ, чтобы разстояніе DE возможно было измѣрить. Измѣривъ всѣ три угла треугольника BDE астролябією, и сторону DE , строить на бумагѣ треугольникъ, подобный треугольнику BDE ; тогда возможно найти по масштабу длину сторонъ BE и BD .

5) Починный пунктъ долженъ быть избранъ близъ такихъ естественныхъ предметовъ, чтобы онъ навсегда остался замѣтнымъ.

§ 183. *Производство межевой съѣмки.* Избравъ на мѣстности починный пунктъ (Фиг. 421), провѣшиваютъ прямую AB до поворота B .

Фиг. 421.



Въ точкѣ A ставятъ астролябію, и производятъ ея лимбъ въ горизонтальное положеніе; наведя подвижныя діоптры на точку B , опредѣляютъ румбическій уголъ NAB линіи AB . Разстояніе AB измѣряютъ цѣпью; чтобы не сбиться въ счетѣ цѣпей, полезно отмѣчать черточкою на особой бумажкѣ каждую отложенную цѣпь. Снявъ астролябію съ точки A , вкапываютъ первый межевой столбъ въ

томъ мѣстѣ, гдѣ стоялъ инструментъ. Провѣшивъ отъ точки B , до поворота C прямую BC , ставятъ астролябію въ точкѣ B . Приведя плоскость лимба въ горизонтальное положеніе, наводятъ неподвижныя діоптры на точку A , а алидаду на C (полагая, что градусная подпись расположена отъ правой руки къ лѣвой); тогда отсчетаніе на верньерѣ опредѣлитъ величину астролябическаго угла ABC , а положеніе магнитной стрѣлки дастъ румбическій уголъ SBC линіи BC . Потомъ повѣряютъ уголъ ABC съ помощію румбическихъ угловъ. Такимъ-же образомъ измѣряютъ астролябическія углы BCD , CDE ..., румбическія углы сторонъ CD , DE ... и длины этихъ линій. Дойдя до починнаго пункта, записываютъ въ полевомъ журналѣ слѣдующее:

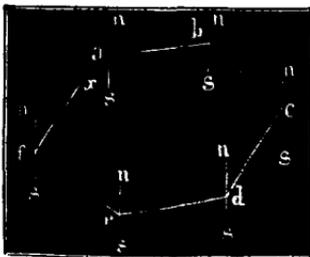
»Въ починномъ пунктѣ A , избранномъ возлѣ такого-то естествен-

наго предмета, на берегу такой-то рѣки, поставленъ первый межевой столбъ съ межевыми признаками. Для записыванія угловъ и линий составляется слѣдующая таблица:

Стоймя.	Румбичес. углы	Астрол. углы.	Длины линий.	Замѣчанія.
A	NO 81°			
B	SO 42°	122° 55'	225 саж.	
C	SW 34° 30'	103° 25'	273 »	
D	SW 80° 30'	134° 5'	197 »	
E	NW 37°	117° 35'	286 »	
F	NO 28° 30'	114° 25'	183 »	
A		127° 35'	154 »	

§ 184. Черченіе границъ на бумагѣ производится слѣдующимъ образомъ: сперва означаютъ на ней положеніе починнаго пункта такъ, чтобы весь контуръ могъ помѣститься на одномъ листѣ; чтобы облегчить себѣ это дѣйствіе, полезно въ полѣ составлять брульонъ произведенныхъ работъ. Проведя чрезъ починный пунктъ *a* (фиг. 422) прямую *ns* параллельно къ краю листа, строятъ посредствомъ транспорта уголь *nab*, равный румбическому углу NO 81°; отъ *a* до *b* откладываютъ по масштабу длину AB = 225 саж.; чрезъ точку *b* проводятъ прямую *ns* параллельно къ краю листа, и на прямой *ab* строятъ уголь *abc* = 122° 55'

фиг. 422.



съ помощію таблицы тангенсовъ. При семъ румбическій уголь SO 42° показываетъ, что линия *bc* составляетъ съ прямою *ns* острый уголь *abc*, лежащій вправо отъ нордовой линіи. Сдѣлавъ *bc* = 273 саж. и проведя чрезъ *c* прямую *ns*, строятъ уголь *bcd* = 103° 25' такъ, чтобы прямая *cd* составляла съ нордовой линіею острый уголь *scd*, лежащій влѣво отъ *ns*. Точно такимъ-же образомъ опредѣляются вершины *d, e, f*. Построивъ при точкѣ *f* уголь EFA = 114° 25', получимъ сторону *fx*, которая проходила-бы чрезъ точку *a*, и равнялась-бы по масштабу измѣренному разстоянію FA = 154 саж., если дѣйствіе было-бы произведено со всею точностію. Но такъ какъ совершенной точности достигать нѣтъ возможности, то вообще, по отложеніи *fx* = 154 саж.,

получимъ точку *x*, несовпадающуюся съ начальной точкою *a*; тогда слѣдовательно нанесенный многоугольникъ не представитъ сомкнутую фигуру. Исправленіе несмыкаемости изложено въ (§ 104).

§ 185. При составленіи межеваго плана, землебръ долженъ руководствоваться слѣдующими правилами (прилож. къ ст. 562):

1) Вверху на самой срединѣ плана должно оставлять мѣсто для приложенія печати.

2) Подъ печатью должно писать: «Геометрической планъ *такого-то* уѣзда, села или деревни, съ принадлежащими къ нимъ деревнями и пустошми, которыя состоятъ во владѣніи *такого-то*, *чинь*, *имя*, *отчество* и *фамилія*, межеванья *такого-то* года, мѣсяца и числа, землебра *такого-то*, *чинь*, *имя* и *фамилія*.

3) Потомъ должно писать, сколько во владѣніи находится пашенной земли и угодій, выставляя противъ каждаго рода земель соотвѣтствующее число десятинъ.

4) На плавахъ спорныхъ земель не оставляется мѣсто на печать; надпись должна быть слѣдующая: планъ землямъ *такого-то* уѣзда, *такого то* сельца, которыя состоятъ во владѣніи *такого-то*, *чинь*, *имя*, *отчество* и *фамилія*, и спорнымъ съ нимъ дачамъ, которыя сняты землебромъ *такимъ-то*, *такого-то* года, мѣсяца и числа.

5) Планы спорныхъ дачъ не должно иллюминовать, а только вычерчивать межи, и пунктирно означать всѣ живыя урочища, спорныя мѣста и ихъ положеніе, т. е. лѣсъ, неудобныя мѣста, пашни и сѣнные покосы. Эти планы составляются въ уменьшенномъ масштабѣ. Если-же планъ великъ, то должно прилагать съ полевыхъ записокъ описаніе всѣхъ мѣстъ.

6) Верхній край плана долженъ соотвѣтствовать сѣверу, т. е. порядовая линія должна быть параллельна къ боковому краю листа.

7) Внутреннія подробности должны быть означены Высочайше утвержденными условными знаками.

8) Діагонали, перпендикуляры и треугольники, начерченные на планѣ при нанесеніи подробностей, и для вычисленія площадей, должно вычерчивать пунктирно. Для отличія діагоналей и сторонъ треугольниковъ отъ упомянутыхъ перпендикуляровъ, вычерчиваютъ первыя тушью, а перпендикуляры сурикомъ (вермильономъ), означая ихъ промѣры тою-же краскою (ст. 570). Чтобы межевыя правительства могли удостовѣриться въ томъ, измѣрены-ли цѣпью линіи, служившія

къ нанесенію внутреннихъ подробностей, то землемѣръ обязанъ брать съ владѣльцевъ подписки по формѣ, для сего утвержденной (приложеніе къ ст. 571). На планахъ спорныхъ дачъ должно означать найденное положеніе границъ, упомянуть, кѣмъ и какъ онѣ отведены.

9) На специальныхъ планахъ должно означать межевые знаки, и при всѣхъ поворотахъ межи выставлять число градусовъ румбическихкихъ угловъ; на уѣздныхъ планахъ означаютъ межевые знаки только на уѣздной межѣ.

10) Для специальныхъ плановъ принимается масштабъ въ $\frac{1}{8400}$ (100 сажень въ дюймѣ); для всѣхъ-же прочихъ плановъ въ $\frac{1}{42000}$ (верста въ дюймѣ). Если-же по утвержденному масштабу нѣтъ возможности представить съ ясностью какой-нибудь важный предметъ, то составляется на особой бумагѣ детальный чертежъ въ увеличенномъ масштабѣ.

11) По составленіи межеваго плана, землемѣръ подписываетъ: межевалъ *такой-то, чинъ, имя и фамилія*. За землемѣромъ подписываетъ лицо, составлявшее планъ, и наконецъ подъ рукоприкладствомъ владѣльцевъ, ихъ повѣренныхъ и всѣхъ будущихъ при томъ написать: при семъ обмежеваніи были и подписуемя: здѣсь подписаться всѣмъ тѣмъ, которые на межѣ были, и кто къ межевымъ книгамъ руки прикладывали.

12) Межевыя книги должно составлять на каждую дачу по утвержденной формѣ (прил. къ ст. 580).

13) Сверхъ составленныхъ плановъ и межевыхъ книгъ, землемѣръ долженъ представлять черновые планы (брульоны), на которыхъ должны быть означены промѣры всѣхъ перпендикуляровъ, проведенныхъ для нанесенія внутреннихъ подробностей.

14) На планахъ всѣхъ дачъ должно ставить номера по порядку, начиная отъ города.

15) На правой сторонѣ специальныхъ плановъ должно описывать смежество съ прилежащими дачами, показывая какиихъ онѣ селеній и чьего владѣнія, и означая литерами село, или деревню, или пустошь *такого-то* владѣнія; на лѣвой-же сторонѣ должно дѣлать описанія всѣмъ знакамъ.

§ 186. Для устраненія грубыхъ ошибокъ, могущихъ произойти

при межевой съемкѣ и составленіи плана, землебръ долженъ руководствоваться слѣдующими правилами :

1) При измѣреніи линій должно получить длины ихъ горизонтальныхъ проекцій (§ 33).

2) При измѣреніи астролябическихъ угловъ должно со всею точностью отсчитывать показаніе верньера, плоскость лимба всегда приводить въ горизонтальное положеніе, и каждый астролябическій уголъ повѣрять посредствомъ румбическихъ угловъ его сторонъ.

3) Полезно повѣрять произведенныя работы по частямъ, такъ на примѣрѣ, дойдя до точки D (фиг. 421), провѣшиваютъ діагональ DA , если только мѣстные предметы позволяютъ измѣрить разстояніе DA . Сравнивъ измѣренную длину AD съ полученною ad на бумагѣ, узнаемъ, вѣрно-ли опредѣлена часть $abcd$, или нѣтъ. Если-же ad и AD будутъ разнствовать, то должно снова измѣрить стороны и углы четырехугольника $abcd$. Такимъ-же образомъ можно повѣрить части EAD и FAE съ помощію діагонали AE . При черченіи фигуры на бумагѣ, должно сначала построить четырехугольникъ $abcd$, и удостовѣриться въ вѣрности его сторонъ и угловъ, сравнивъ діагональ ad съ измѣренной AD . Потомъ наносятъ треугольникъ AED , и наконецъ треугольникъ EAF . Если по мѣстнымъ обстоятельствамъ невозможно провѣсить линію AD , то пробиваютъ ломанную линію $AKHGD$. Измѣривъ линіи AK , KH ... и углы AKH , KHG ..., наносятъ на бумагу контуръ $ABCD$, и отъ D до K контуръ $DGHK$; тогда нанесенная прямая AK должна по масштабу равняться измѣренной линіи AK .

4) При построеніи многоугольника $abcde$..., должно сначала нанести часть $abcd$, и начиная опять съ точки a , построить часть $afed$ (фиг. 422).

5) Астролябическіе углы должно непремѣнно строить съ помощію таблицы тангенсовъ.

Если при соблюденіи упомянутыхъ правилъ многоугольникъ все таки не смыкается, то должно полученную ошибку разложить на всѣ стороны и углы. (§ 104).

§ 187. Возобновленіе истребившихся межевыхъ знаковъ. Такъ какъ въ межевой книгѣ должны бытъ записаны длины межниковъ и величины астролябическихъ и румбическихъ угловъ, то съ помощію этихъ данныхъ отыскиваются на мѣстности истребленные межевые знаки слѣдующимъ образомъ :

1) Если, кромѣ починнаго пункта А, который легко найдется по естественнымъ предметамъ, сохранился еще ближайшій межевой столбъ В, то должно поставить астролябію на линіи АВ, и наводить алидаду на точку В; положеніе стрѣлки опредѣлить румбическій уголъ прямой АВ, который пусть равенъ $NO\ 79^\circ$.

фиг. 423.



Въ межевой-же книгѣ изображено, что этотъ уголъ равнялся 81° ; слѣдовательно склоненіе магнитной стрѣлки измѣнилось на 2 градуса къ востоку. Если въ то время, когда былъ составленъ межевой планъ, магнитная стрѣлка (фиг. 423) имѣла положеніе $N'S'$, то она теперь перешла въ NS ; слѣдовательно румбическіе углы $N'AB$,

$S'AB''$, записанные въ межевой книгѣ, и означенные чрезъ NO и SW , уменьшились, а углы $N'AB'$ и $S'AB'''$, означенные чрезъ NW и SO , увеличились на 2 градуса. Переставивъ астролябію въ точку В (ф. 421), приводятъ показатель верньера въ совмѣщеніе съ чертою, соотвѣтствующею астролябическому углу $ABC = 122^\circ 55'$; при этомъ необходимо, чтобы предметный діоптръ p (фиг. 424) находился

ф. 424.



влѣво отъ южнаго конца стрѣлки, потому-что румбъ линіи BC , записанный въ межевой книгѣ, долженъ быть SO ; южный конецъ стрѣлки долженъ совмѣститься съ чертою 44° буссольнаго лимба, ибо румбическій уголъ $SO\ 42^\circ$ увеличился на 2° . Измѣривъ цѣпью отъ В до С длину въ 273

сажени, записанную въ межевой книгѣ, получимъ третью точку С. Такимъ-же образомъ отыскиваются точки D, E, F, \dots

2) Если на мѣстности сохранились два межевые столба D и E, несмежные починному пункту А, то по предыдущему опредѣляютъ на линіи DE измѣненіе склоненія стрѣлки. Поставивъ потомъ астролябію въ точкѣ А, даютъ алидадѣ относительно магнитной стрѣлки такое положеніе, чтобы оно соотвѣтствовало румбу линіи АВ, и чтобы румбическій уголъ равнялся записанному въ межевой книгѣ + или — измѣненіе склоненія стрѣлки. Провѣшивъ линію АВ, и отложивъ записанную ея длину, получаютъ точку В. Точки C, F, \dots отыскиваются по предыдущему.

3) Если во время межеванія въ починномъ пунктѣ опредѣлено склоненіе α стрѣлки (§ 117) и записано въ межевой книгѣ, то безъ затрудненія можно въ послѣдствіи найти границы, когда даже всѣ межевые знаки истребились. Дѣйствительно: найдя на мѣстности

положеніе починнаго пункта, опредѣляютъ его меридіанъ однимъ изъ способовъ, изложенныхъ въ § 117. Съ помощію найденнаго меридіана опредѣляютъ снова склоненіе β магнитной стрѣлки. Разность $\alpha - \beta$ показываетъ на сколько измѣнилось склоненіе, и къ востоку-ли, или къ западу отъ полуденной линіи; слѣдовательно если α означаетъ восточное склоненіе и равно $7^\circ 30'$, и β также восточное склоненіе, равное 6° , то $\alpha - \beta = 1^\circ 30'$. Пусть въ межевой книгѣ записанный румбическій уголъ равенъ SW 65° ; такъ какъ магнитная стрѣлка приблизилась къ полуденной линіи, то румбическіе углы SW и NO увеличились, а румбическіе углы SO и NW уменьшились; слѣдовательно румбическій уголъ перваго межника обратился въ SW $66^\circ 30'$. Поставивъ астролябію въ починномъ пунктѣ, и приведя лимбъ въ горизонтальное положеніе, дадутъ алидадѣ такое положеніе, чтобы предметный діоптръ находился вправо отъ южнаго конца стрѣлки; потомъ обращаютъ алидаду микрометрическимъ винтомъ до тѣхъ поръ, пока южный конецъ помѣстится на срединѣ между 65 -мъ и 66 -мъ градусомъ. Провѣсивъ прямую линію по продолженію коллимаціонной плоскости подвижныхъ діоптровъ, получится направленіе перваго межника. Потомъ поступаютъ по предъидущему.

§ 188. Иногда случается, что въ какой-нибудь точкѣ пересѣченія двухъ смежныхъ межниковъ, магнитная стрѣлка не дѣйствуетъ, потому-что вблизи находится желѣзная руда. Въ такомъ случаѣ должно найти истинный меридіанъ этой точки, и вмѣсто румбическаго угла, опредѣлить уголъ, составляемый межникомъ съ полуденною линіею; этотъ уголъ, какъ извѣстно, называется *азимутомъ*. Азимуты считаются отъ сѣвера къ востоку до 360° (§ 76). Азимутъ опредѣляется слѣдующимъ образомъ: положимъ, что въ точкѣ А данной прямой АВ видны края горизонта, за которыми солнце заходитъ и восходитъ. Первое наблюденіе производится вечеромъ, когда нижній край солн-

фиг. 425.

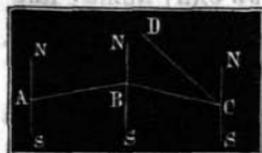
ца касается къ краю горизонта. Поставивъ астролябію въ точкѣ А (фиг. 425), и приведя лимбъ въ горизонтальное положеніе, наводятъ неподвижные діоптры на точку В; обращеніемъ алидады наводятъ діоптры на центръ заходящаго солнца S; показаніе верньера опредѣлитъ уголъ $SAB = \alpha$. На другое утро, когда нижній край восходящаго солнца касается къ краю горизонта, наводятъ алидаду на центръ солнца S', и опредѣляютъ уголъ $S'AB = \beta$. Означивъ искомый уголъ BAN чрезъ



z , получимъ $z = \text{NAS} - \alpha$ и $z = \beta - \text{NAS}'$, гдѣ углы NAS и NAS' равны между собою, какъ азимуты солнца при равныхъ его высотахъ. Сложивъ оба уравненія, получимъ $z = \frac{1}{2}(\beta - \alpha)$. Если данная линія AC находится внѣ угла SAS' , то такимъ-же образомъ получимъ $z = \alpha + \text{SAN}$ и $z = \beta - \text{S'AN}$. По равенству угловъ SAN и S'AN , имѣемъ $z = \frac{1}{2}(\beta + \alpha)$.

§ 189. Зная азимутъ z стороны AB (фиг. 426), легко найти азимуты сторонъ BC , CD ... вычисленіемъ (см. § 119) по измѣреннымъ астролябическимъ угламъ ABC , BCD ... Дѣйствительно: $z' = 180^\circ + z - \text{ABC}$... (1). $z'' = 180^\circ + z' + \text{BCD}$... (2). Отсюда слѣдуетъ, что азимутъ какой-нибудь стороны равенъ азимуту предъидущей стороны, сложенному съ $180^\circ +$ или $-$ астролябическій уголъ, составляемый этими сторонами.

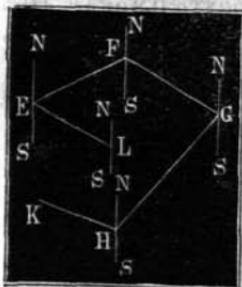
фиг. 426.



Астролябическій уголъ прикладываютъ къ упомянутой суммѣ, если онъ находится влѣво отъ наблюдателя, стоящаго въ вершинѣ этого угла, и обращеннаго лицомъ къ линіи, азимутъ которой опредѣляется; астролябическій уголъ вычитается изъ суммы $180^\circ + z$, когда онъ находится вправо отъ наблюдателя.

Примѣръ. По известнымъ: (фиг. 427) азимуту $z = 68^\circ$ и астролябическимъ угламъ $\text{EFG} = 102^\circ 10'$, $\text{FGH} = 88^\circ 40'$, $\text{GHK} = 93^\circ 35'$ и т. д. опредѣлить азимуты. Тогда получимъ $z' = 180^\circ + 68^\circ - 102^\circ 10' = 145^\circ 50'$; $z'' = 180^\circ + 145^\circ 50' - 88^\circ 40' = 237^\circ 10'$; $z''' = 180^\circ + 237^\circ 10' - 93^\circ 35' = 323^\circ 35'$. Если по мѣстнымъ обстоятельствамъ нельзя въ точкѣ E опредѣлить азимутъ стороны EF , то должно внѣ контура EFGH ... избрать такую точку L , изъ которой виденъ край горизонта; въ этой точкѣ находить азимутъ линіи LE , а посредствомъ вычисленій азимуты линіи EF , FG ...

фиг. 427.



§ 190. По найденнымъ азимутамъ линіи EF , FG ... легко опредѣлить румбическіе углы тѣхъ-же линіи. Дѣйствительно румбическій уголъ линіи $\text{EF} = \angle \text{NEF} = z = \text{NO } 68^\circ$, румбическій уголъ линіи $\text{FG} = \angle \text{SFG} = 180^\circ - z' = \text{SO } 34^\circ 10'$, румбическій уголъ линіи $\text{GH} = \angle \text{HGS} = z'' - 180^\circ = \text{SW } 57^\circ 10'$, румбическій уголъ линіи $\text{HK} = \angle \text{NHK} = 360^\circ - z''' = \text{NW } 36^\circ 25'$.

Отсюда выводятся слѣдующія правила: 1) если азимутъ менѣе 90° , то румбическій уголъ равенъ градусной величинѣ азимута, и румбъ будетъ NO ; 2) если азимутъ будетъ болѣе 90° , но менѣе 180° , то, для по-

лученія румбическаго угла, должно изъ 180° вычесть градусную величину азимута; тогда румбъ будетъ SO; 3) если азимуть болѣе 180° , но менѣе 270° , то должно изъ градусной величины азимута вычесть 180° ; тогда румбъ будетъ SW; 4) если азимуть болѣе 270° , то должно изъ 360° вычесть градусную величину азимута; тогда румбъ будетъ NW.

§ 191. *Вычисленіе площадей.* Поверхностное содержаніе земли опредѣляется по составленному плану даннаго участка. Основаніемъ вычисленія площадей служитъ площадь треугольника, равная половинѣ произведенія высоты на основаніе.

1) Высоту треугольника опредѣляютъ, поставивъ одну ножку циркуля въ вершинѣ треугольника, а другую раздвигая до тѣхъ поръ, пока дуга, описываемая изъ вершины, будетъ касаться къ основанію. Основаніе треугольника должно быть избрано такъ, чтобы перпендикуляръ, на него опущенный, не находился внѣ треугольника.

2) Степень точности измѣренныхъ циркулемъ линій зависитъ отъ масштаба съемки. При масштабѣ 100 сажень въ дюймѣ, возможно опредѣлить длины съ точностью до 1 сажени, а при 50 саж., линій измѣряются точно до $\frac{1}{2}$ сажени.

3) Высота и основаніе треугольника должны быть выражены одной и той-же единицею длины. Разсмотримъ треугольникъ, въ коемъ погрѣшности, происшедшія при измѣреніи высоты и основанія, имѣютъ наименьшее вліяніе на вычисленіе площади треугольника. Полагая, что основаніе равно g , высота h , получимъ $gh = 2F$, гдѣ F означаетъ площадь треугольника. Пусть при измѣреніи линій g и h сдѣлавы ошибки α и β , такъ, что вмѣсто g и h получили $g + \alpha$ и $h + \beta$; тогда слѣдовательно вмѣсто F получимъ $F + \gamma$, и $(g + \alpha)(h + \beta) = 2(F + \gamma)$, или развернувъ скобки, и отбросивъ весьма малое произведеніе $\alpha\beta$, получимъ $gh + \alpha h + \beta g = 2F + 2\gamma$, но $gh = 2F$, слѣд. $\alpha h + \beta g = 2\gamma$ (1).

Большую частью избираютъ, для вычисленія площадей, треугольники, коихъ высота менѣе основанія; но подобный выборъ не приноситъ никакой пользы.

Площадь треугольника опредѣлится, по извѣстнымъ двумъ сторонамъ и углу, между ними содержащемуся, посредствомъ формулъ:

$$F = \frac{1}{2} ab \cdot \sin C = \frac{1}{2} ac \cdot \sin B = \frac{1}{2} bc \cdot \sin A \dots (2),$$

или по извѣстнымъ тремъ сторонамъ; тогда

$$F = \frac{1}{4} \sqrt{(a+b+c)(a+b-c)(a+c-b)(b+c-a)} \dots (3).$$

§ 192. Вычисленіе площади четырехугольниковъ :

1) *Параллелограмма*. При известнѣхъ: основаніи g и высотѣ h , получимъ площадь $F = g \cdot h$ (4). По известнымъ: основанію g , лежащей сторонѣ s и углу α , между этими линіями содержащемуся, получимъ площадь $F = g \cdot s \cdot \sin \alpha$ (5).

2) *Трапеціи*. При известнѣхъ параллельныхъ сторонахъ p и p' , и высотѣ h , получимъ

$$F = (p + p') \frac{h}{2} = \left(\frac{p + p'}{2} \right) \cdot h \quad (6),$$

или означая $\frac{p + p'}{2}$ чрезъ b , имѣемъ $F = b \cdot h$, гдѣ b означаетъ длину прямой, проведенной чрезъ средину высоты, параллельно къ сторонамъ p и p' .

Означивъ параллельныя стороны чрезъ p и p' , и непараллельныя чрезъ s и s' , получимъ площадь

$$F = \frac{p + p'}{4d} \sqrt{(s + s' + d)(s + s' - d)(s + d - s')(s' + d - s) \dots} \quad (7),$$

гдѣ $d = p - p'$. Справедливость этой формулы доказывается слѣдующимъ образомъ: если въ трапеціи ABCD (Ф. 428)



Фиг. 428.

проведена прямая АЕ параллельно къ ВС, то $AE = s'$, $DE = p - p' = d$, и площадь f треугольника ADE равна

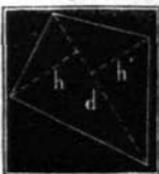
$$\frac{1}{4} \sqrt{(s + s' + d)(s + s' - d)(s' + d - s)(s + d - s)} = \frac{1}{4} P \quad (8);$$

но также $f = \frac{1}{2} d \cdot h$, слѣдовательно $\frac{1}{2} d \cdot h = \frac{1}{4} P$, или $\frac{h}{2} = \frac{1}{4d} P$.

Подставляя эти величины въ формулу $F = (p + p') \frac{h}{2}$, получимъ

$$F = \frac{p + p'}{4d} \cdot \sqrt{(s + s' + d)(s + s' - d)(s' + d - s)(s + d - s')}.$$

3) *Неправильнаго четырехугольника*. Проведя діагональ (Фиг. 429), длина которой равна d , и опустивъ изъ противолежащихъ ей вершинъ, перпендикуляры h и h' , получимъ

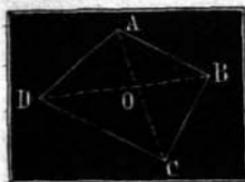


Фиг. 429.

площадь $F = \frac{1}{2} d (h + h') = d \cdot \left(\frac{h + h'}{2} \right)$ (9).

Проведя въ четырехугольникѣ ABCD (Фиг. 430) діагональ, и означивъ уголъ, ими составляемый чрезъ α , получимъ по формулѣ (2)

Фиг. 430.



площадь AOD = $\frac{1}{2} m \cdot p \cdot \sin \alpha$
 — AOB = $\frac{1}{2} m \cdot q \cdot \sin \alpha$
 — COD = $\frac{1}{2} n \cdot p \cdot \sin \alpha$ и
 площадь COB = $\frac{1}{2} n \cdot q \cdot \sin \alpha$; следовательно
 площадь ABCD = $\frac{1}{2} \sin \alpha ([m+n]q + [m+n]p) =$
 $\frac{1}{2} \sin \alpha \cdot AC \cdot BD \dots (10)$.

§ 193. Вычисление площади многоугольника:

а) Раздѣливъ многоугольникъ діагоналями на треугольники и четырехугольники, и опредѣливъ площадь каждой изъ полученныхъ фигуръ, складываютъ вычисленные площади. При этомъ должно провести діагонали такъ, чтобы полученные треугольники удовлетворяли условіямъ (§ 191).

б) Черезъ всѣ вершины многоугольника проводятъ прямая, параллельная между собою; тогда многоугольникъ раздѣлится на треугольники и трапеціи, площади которыхъ опредѣляются по предъидущему. Это вычисленіе можно упростить слѣдующимъ образомъ: проведя черезъ всѣ вершины многоугольника прямая, параллельная между собою, и перпендикулярная къ прямой AX (Фиг. 431),

Фиг. 431.



означимъ ихъ части, заключенныя между сторонами многоугольника черезъ p_1, p_2, p_3 , и разстоянія ихъ подошвъ отъ какой-нибудь точки А черезъ x_1, x_2, x_3, \dots ; площадь F многоугольника равна $Q + Q_1 + Q_2 + Q_3$. Подставивъ вмѣ-

сто Q, Q_1, \dots ихъ величины, получимъ:

$$F = \frac{p_1(x_2 - x_1) + (p_2 + p_1)(x_3 - x_2) + (p_3 + p_2)(x_4 - x_3) + p_5(x_5 - x_4)}{2}$$

или

$$2F = p_1(x_2 - x_1) + (p_2 + p_1)(x_3 - x_2) + (p_3 + p_2)(x_4 - x_3) + p_5(x_5 - x_4) \dots (11)$$

или $2F = p_1x_2 - p_1x_1 + p_2x_3 + p_1x_3 - p_2x_2 - p_1x_2 + p_3x_4 + p_2x_4 - p_3x_3 - p_2x_3 + p_3x_5 - p_3x_4$ или $2F = p_1(x_3 - x_1) + p_2(x_4 - x_2) + p_3(x_5 - x_3) \dots (12)$ т. е. удвоенная площадь равна суммъ изъ произведеній каждой параллельной прямой на разность абсциссъ послѣдующей и предъидущей вершины.

Направленіе прямой AX берется произвольное, но вообще должно ее провести такъ, чтобы параллельная прямая не пересѣкала стороны многоугольника подъ весьма острыми углами; это условіе необходимо, для того, чтобы возможно было съ большею точностью опредѣлить

длины p_1, p_2, \dots ; итъ надобности опредѣлить разстоянія x_1, x_2, x_3, \dots каждое отдѣльно, а лучше прямо находить разности $x_3 - x_1, x_4 - x_2, \dots$; слѣдовательно точку А можно выпустить; и въ самомъ дѣлѣ: если-бы потребовалось опредѣлить площадь, заключенную между параллельными p_1 и p_4 (фиг. 432), то должно въ формулѣ (11) предположить

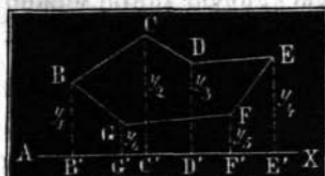
фиг. 432.



($x_2 - x_1 = 0$ и ($x_3 - x_4 = 0$); тогда получимъ
 $(p_2 + p_1)(x_3 - x_2) + (p_3 + p_2)(x_4 - x_3) = 2F$, или
 $p_1(x_3 - x_2) + p_2(x_4 - x_2) + p_3(x_4 - x_3) = 2F$
 (13).

с) Площадь многоугольника также можетъ быть опредѣлена по-

фиг. 433.



средствомъ координатъ его вершинъ. Означимъ ординаты точекъ В, С, D... (ф. 433) чрезъ y_1, y_2, y_3, \dots и ихъ абсиссы чрезъ x_1, x_2, x_3, \dots . Площадь F многоугольника равна пл: $BB'C'C + пл: CDD'C' + пл: DEE'D'$ — (пл: $EE'F'F + пл: GFF'G' + пл: BGG'B'$),

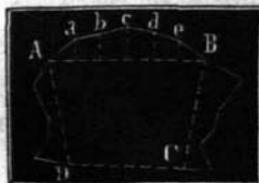
или $F = \frac{(y_1 + y_2)(x_2 - x_1) + (y_3 + y_2)(x_3 - x_2) + (y_4 + y_3)(x_4 - x_3)}{2}$
 $-\frac{(y_5 + y_4)(x_4 - x_3) + (y_6 + y_5)(x_5 - x_4) + (y_6 + y_1)(x_6 - x_1)}{2}$,

или $2F = y_1(x_2 - x_6) + y_2(x_3 - x_1) + y_3(x_4 - x_2) + y_4(x_5 - x_3) + y_5(x_6 - x_4) + y_6(x_1 - x_5)$ (14); т. е. удвоенная площадь равна суммъ изъ произведеній каждой ординаты на разность абсиссъ: предыдущей и послѣдующей точки. При вычисленіяхъ должно обратить вниманіе на знаки координатъ.

Если сторона FG взята за ось абсиссъ, то $y_6 = 0$ и $y_5 = 0$; слѣдовательно $2F = y_1(x_2 - x_6) + y_2(x_3 - x_1) + y_3(x_4 - x_2) + y_4(x_5 - x_3) \dots$ (15).

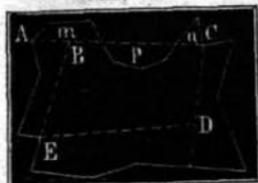
д) Если многоугольникъ состоитъ изъ большаго числа недлинныхъ сторонъ (фиг. 434), то проводить діагонали такъ, чтобы образовался внутренній многоугольникъ ABCD меньшаго числа сторонъ. Вычисляютъ площадь ABCD, а потомъ части $AabcdeB, \dots$ по формулѣ (15), принимая прямыя АВ, ВС, CD, AD за оси абсиссъ.

фиг. 434.



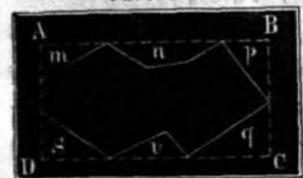
Если ось AC (фиг. 435) проведена такимъ образомъ, что образуется часть p, лежащая внѣ ланцаго многоугольника, то должно изъ окончатель-

Фиг. 435.



наго результата вычесть площадь p ; но действие

Фиг. 436.



будет проще, если вычислим площади m, n, p относительно оси AC , взявъ ординаты части p отрицательными; тогда получится площадь $(m + n - p)$. Во многих случаях выгоднее описать около данного многоугольника другой многоугольник

малого числа сторонъ (Фиг. 436); опредѣливъ площадь $ABCD$, вычитаютъ изъ ней части m, n, p, \dots , вычисленные относительно осей AB, BC, \dots .

§ 194. *Вычисленіе площади криволинейныхъ фигуръ.* а) Всякую кривую линию можно принимать за ломанную, отдѣляя на ней части, близко подходящія къ прямымъ. Тогда вычисленіе производится по предъидущему (§ 193, с).

б.) Вычисленіе площади (Фиг. 437) значительно упрощается, если проведемъ ординаты ея точекъ въ равныхъ разстояніяхъ одну отъ другой, такъ что $xu = yz = zv = vs = st = a$; прямая a берется такой длины, чтобы части данной кривой, заключенныя между ординатами p_1, p_2, \dots , можно было принять за прямыя; тогда по формулѣ

Фиг. 437.



(12) получимъ

$$2F = p_1(x_2 - x_1) + p_2(x_3 - x_1) + p_3(x_4 - x_2) + p_4(x_5 - x_3) + p_5(x_6 - x_4) + p_6(x_6 - x_5);$$

но $x_2 - x_1 = x_6 - x_5 = a$ и $x_3 - x_1 = x_4 - x_2 = x_5 - x_3 = x_6 - x_4 = 2a$; следовательно $2F = (p_1 + p_6)a + (p_2 + p_3 + p_4 + p_5) \cdot 2a$, или $F = a \left(\frac{p_1 + p_6}{2} + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 \right)$, и вообще, если первая ордината равна p_1 , и послѣдняя p_n , получимъ

$$F = a \left(\frac{p_1 + p_n}{2} + p_2 + p_3 + \dots + p_{n-1} \right) \dots (16).$$

Части m и n , вычисленные отдѣльно, должны быть приложены къ площади F .

Проведя въ образовавшихся трапеціяхъ среднія параллельныя q_1, q_2, q_3, \dots , получимъ $F = a(q_1 + q_2 + \dots + q_n) \dots (17)$

Для проведенія прямыхъ q_1, q_2, \dots (Фиг. 438), должно отъ x отло-

фиг. 438.



жить $\frac{a}{2}$ до точки y , потомъ длину a столько разъ, сколько возможно, и наконецъ отъ x' до y' опять длину $\frac{a}{2}$. Перпендикуляры, возставленные изъ полученныхъ точекъ,

изображаютъ крайнія p_1 и p_n , а параллельныя q_1, q_2, q_3, \dots среднія ординаты.

фиг. 439.



Если ось Ax (фиг. 439) проведена чрезъ двѣ точки данной кривой, то образуются два треугольника

m и n , площади которыхъ должны быть приложены къ площади F . Такъ какъ $p_1 = 0$, то формула (16) обращается въ слѣдующую:

$$F = a \left(\frac{p_n}{2} + p_2 + p_3 + \dots + p_{n-1} \right) \dots (18)$$

Проведя вмѣсто ординатъ p_1, p_2, \dots среднія параллельныя, опредѣляютъ площадь F по формулѣ (17).

Означивъ въ формулахъ (15) и (17) множителя, заключеннаго въ скобкахъ, чрезъ S , получимъ $F = a S$ въ десятинахъ или въ квадратныхъ саженихъ, потому-что a и S , опредѣленные по масштабу, выражаются въ саженихъ. Означивъ площадь, выраженную въ десятинахъ,

чрезъ f , получимъ $f = \frac{F}{2400} = \frac{a \cdot S}{2400}$; при $a = 2c.$, будетъ $f = \frac{2 S}{2400}$.

При вычисленіи площади значительнаго участка употребляются инструменты, называемые *планиметрами*. Но вообще ихъ устройство довольно сложно, и употребленіе только въ одномъ случаѣ удовлетворительно, именно когда площадь вычисляется по способу (6, кривол. фиг.) (*).

§ 195. До сихъ поръ разсматривали вычисленіе площади отдѣльныхъ фигуръ; такимъ-же образомъ опредѣляется поверхностное содержаніе дачи; но для повѣрки необходимо производить вычисленіе два раза. Для избѣжанія ошибокъ принимаютъ всю дачу за одну фигуру, и вычисляютъ поверхностное ея содержаніе по опредѣленнымъ

(*) Въ 8 номерѣ 3-го тома журнала Императорскаго вольнаго экономическаго общества за 1853 годъ описано устройство планиметра, изобрѣтеннаго Профессоромъ Барановскимъ.

и нанесеннымъ на планѣ межамъ. Потомъ вычисляютъ площади отдѣльныхъ контуровъ, находящихся внутри снятой дачи. Сумма площадей контуровъ должна равняться площади всей дачи; но вообще это условіе не выполняется. Бѣльшею частью принимается погрѣшность въ $\frac{1}{200}$ всей площади; если погрѣшность превышаетъ этотъ пре-

дѣлъ, то должно исправить ее; но если она менѣе означеннаго предѣла, то поступаютъ слѣдующимъ образомъ: положимъ, что поверхностное содержаніе земли всей дачи равно F , площади отдѣльныхъ фигуръ будутъ a, b, c, \dots , и $a + b + c + \dots = S$; пусть S разнится отъ F на $\frac{F}{200}$. Тогда должно разность $F - S$ раздѣлить пропор-

ціонально площадямъ a, b, c, \dots , т. е. при $F - S = \vartheta$ составитя пропорція $a : S = x : \vartheta$, откуда $x = \frac{a \cdot \vartheta}{S} = \frac{\vartheta}{S} \cdot a$; также $b : S = y : \vartheta$,

откуда $y = \frac{\vartheta}{S} \cdot b$, и наконецъ $z = \frac{\vartheta}{S} \cdot c$; слѣдовательно $x + y +$

$z + \dots = \frac{\vartheta}{S} (a + b + c + \dots) = \vartheta$. Наконецъ получимъ

$(a + x) + (b + y) + (c + z) + \dots = S + \vartheta = F$, гдѣ $(a + x)$, $(b + y)$ и т. д. принимаются за истинныя величины площадей отдѣльныхъ фигуръ. Такъ какъ уничтоженіе встрѣчаемой погрѣшности зависитъ отъ величины F , то должно послѣднюю опредѣлять съ точностью. Для повѣрки этой величины описываютъ около многоугольной дачи прямоугольникъ, опредѣляютъ площадь его P , и площадь Q частей, находящихся внѣ даннаго многоугольника; тогда $F + Q$ должно равняться P . Если здѣсь встрѣтится незначительная погрѣшность, то ее раздѣляютъ пропорціонально на F и Q .

Площадь F какой-нибудь фигуры можетъ быть опредѣлена по составленному плану слѣдующимъ практическимъ способомъ: на ровномъ листѣ строить сѣть (фиг. 440), состоящую изъ равныхъ прямоугольниковъ такъ, чтобы площадь каждаго равнялась, по данному масштабу плана, 2400 квадр. саж. или десятинѣ; основаніе этихъ прямоугольниковъ можно дѣлать въ 80 или въ 60 саж., а высоту въ 30

фиг. 440.



или въ 40 саж. Потомъ раздѣляютъ каждый прямоугольникъ на столько равныхъ квадратиковъ, чтобы площадь каждаго равнялась 100, или 150, или 50 квадрат. саж. Наложивъ роговой листъ на составленный планъ, отмѣчаютъ на особой бумагѣ число прямоугольниковъ и квадратиковъ,

покрывающихъ данный планъ. Если искомая площадь заключаетъ въ себѣ дробныя части квадратиковъ, то должно площади этихъ частей опредѣлить на глазъ; такъ на примѣръ положимъ, что кромѣ цѣлыхъ квадратиковъ, улеглись еще на планѣ части a, b, c, \dots ; безъ большой погрѣшности можно принять, что $a + e = \text{пл. } m \text{ квадратика}$, $c + h + d = 2m$, $b + g = m$ и т. д. Этотъ способъ вычисленія площадей повѣряется слѣдующимъ образомъ: если крайнія прямыя построенной сѣти составляютъ прямоугольникъ, то число частей, находящихся въ его основаніи, умноженное на число частей въ его высотѣ, опредѣляетъ число z всѣхъ прямоугольниковъ, и слѣдовательно число десятинъ, представленныхъ на роговомъ листѣ. Положимъ, что роговой листъ былъ наложенъ на планъ четыре раза (фиг. 441); тогда найдемъ число n прямоугольниковъ, покрывающихъ искомую площадь, число p прямоугольниковъ, находящихся внѣ площади, и число q прямоугольниковъ, части которыхъ находятся на искомой площади и внѣ оной, слѣдов. $n + p + q = z$.

фиг. 441.



Вычисливъ тѣ части α прямоугольниковъ q , которыя покрываютъ искомую площадь, и части β , находящіяся внѣ площади, получимъ $\alpha + \beta = q$.

Последнее условіе вообще не выполняется; въ случаѣ погрѣшности въ площадяхъ α и β , должно ее раздѣлить пропорціонально на α и β ; тогда искомая площадь $F = n + \alpha'$, гдѣ α' означаетъ исправленную площадь α .

Последнее условіе вообще не выполняется; въ случаѣ погрѣшности въ площадяхъ α и β , должно ее раздѣлить пропорціонально на α и β ; тогда искомая площадь $F = n + \alpha'$, гдѣ α' означаетъ исправленную площадь α .

Вычисленіе дробныхъ частей квадратиковъ съ бѣльшою точностью производится слѣдующимъ образомъ: положимъ, что требуется найти площадь ABCDEF (фиг. 442); для этого обращаютъ

Фиг. 442.



эту фигуру въ равномѣрную ей трапецію. Проведя чрезъ С прямую CG параллельно къ BD, и BH параллельно къ AG, получимъ требуемую трапецію EFHG, площадь которой опредѣлится по формулѣ (§ 192, 2).

§ 196. О размежевкѣ. 1) Отъ параллелограмма ABCD отръзать другой параллелограмъ, котораго площадь должна равняться q .

Фиг. 443.



а) Положимъ, что площадь $ABCD = Q$ (Фиг. 443); тогда $Q : q = DC : DE$; опредѣливъ изъ этой пропорции длину DE, и отложивъ ее отъ D до E, проводить прямую EF параллельно къ AD.

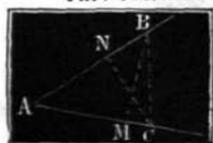
б) Раздѣливъ площадь q на AD, получится высота искомаго параллелограма; изъ произвольной точки m прямой AD описываютъ дугу радиусомъ, равнымъ найденной высотѣ, и проведя къ этой дугѣ касательную, параллельную къ AD, получимъ параллелограмъ ADEF.

Примѣръ: $ABCD = Q = 12$ дес. = 28800 кв. саж., $AB = 213\frac{1}{2}$ саж., и $q = 5$ дес. = 12000 кв. саж.; слѣдов. $28800 : 12000 = 213\frac{1}{2} : AF$; откуда $AF = 88\frac{2}{3}$ саж. При $q = 3$ дес. = 7200 кв. саж. и $AD = 135$ саж., получимъ $mn = 53\frac{1}{3}$ саж.

Второй способъ (б) примѣняется въ особенности въ томъ случаѣ, когда фигура ABCD мало отличается отъ параллелограма. Если площадь q мала относительно всей площади ABCD, то вышеупомянутый способъ можетъ быть употребленъ при всякомъ четырехъугольникѣ.

2) Чрезъ точку В, данную на сторонѣ угла А, провести прямую ВС такъ, чтобы образовался треугольникъ ABC, коего площадь равнялась бы q (Фиг. 444).

Фиг. 444.



а) Въ искомомъ треугольникѣ, кромѣ площади, известна также высота $BM = h$. Основаніе $AC = \frac{2q}{h}$, отложенное отъ А до С, опредѣляетъ точку С стороны ВС. При $BM = h = 84$ саж. и $q = 9660$

кв. саж., получимъ $AC = \frac{19320}{84} = 230$ саж.

b) Раздѣливъ удвоенную площадь q на основаніе AB , получится высота CN ; взявъ циркулемъ по масштабу длину CN , отыскиваютъ на AC такую точку, изъ которой дуга, описываемая радиусомъ CN , касалась-бы къ AB .

Фиг. 445.



3) Отъ трапеціи $ABCD$, площадь которой равна Q , отрѣзать часть q такъ, чтобы линія раздѣла пересѣкала параллельныя стороны (Фиг. 445).

Означимъ искомыя SE чрезъ x , и BF чрезъ y ; тогда $CD : x = Q : q$ и $AB : y = Q : q$. Опредѣливъ x и y , и отложивъ ихъ длины отъ C до E , и отъ B до F , получимъ площадь $VSEF$, равную q . Ибо проведя высоту CM , получимъ $VSEF = \frac{1}{2}(EF + BF) \cdot CM = \frac{1}{2}\left(CD \cdot \frac{q}{Q} + AB \cdot \frac{q}{Q}\right) \cdot CM = \frac{1}{2}(CD + AB) \cdot CM \cdot \frac{q}{Q}$; но $\frac{1}{2}(CD + AB) \cdot CM =$ площади Q ; слѣдов. $VSEF = Q \cdot \frac{q}{Q} = q$.

При $Q = 1920$ к. с. и $q = 360$ к. с., получимъ $\frac{q}{Q} = \frac{3}{16}$, и слѣд. $SE = \frac{3}{16} CD$ и $BF = \frac{3}{16} AB$.

§ 197. 4) Отъ треугольника ABC отрѣзать часть такъ, чтобы линія раздѣла была параллельна къ одной изъ сторонъ. Положимъ, что площадь $ABC = Q$ (Ф. 446), и отдѣляемая площ. $= q$. Пусть вопросъ рѣшенъ, и прямая ED раздѣла проходить чрезъ точку D прямой AC ; тогда по подобію треугольниковъ ABC и DAE имѣемъ :

Фиг. 446.



$$AD^2 : AC^2 = q : Q \text{ и } AD = AC \cdot \sqrt{\frac{q}{Q}}. \text{ При } Q = 6300 \text{ к. с. и } q = 1008 \text{ к. с. будетъ } \frac{q}{Q} = \frac{1008}{6300} = \frac{112}{700} =$$

$$\frac{28}{175} = \frac{4}{25} = 0,16. \text{ Если } AC = 475 \text{ саж., то } AD = 475 \cdot 0,4 = 190 \text{ с.}$$

Вмѣсто AD можно опредѣлить отрѣзокъ AN высоты AM ; тогда $AN = AM \sqrt{\frac{q}{Q}}$. Не вычисляя длины AD и AN , можно опредѣлить положеніе прямой DE графически. Опредѣливъ длину L какой-нибудь прямой $L = AC \cdot \frac{q}{Q}$, откладываютъ ее отъ A до G ; описываютъ

на AC полуокружность и возставляютъ изъ G перпендикуляръ GH къ прямой AC: отложивъ отъ A до D прямую AH, получимъ искомую точку D. Ибо $\triangle ADE : \triangle ABC = AD^2 : AC^2 = AH^2 : AC^2$; но также $AG : AH = AH : AC$, откуда $AH^2 = AG \cdot AC = L \cdot AC = AC \cdot \frac{q}{Q}$. $AC = AC^2 \cdot \frac{q}{Q}$; следовательно

$$\triangle ADE : \triangle ABC = AC^2 \cdot \frac{q}{Q} : AC^2 = \frac{q}{Q} : 1; \text{ т. е. } \triangle ADE : Q = \frac{q}{Q} : 1;$$

откуда $\triangle ADE = q$.

б) Если требуется отрѣзывать площадь q , начиная отъ BC, то будетъ $\triangle ADE = Q - q$; тогда $AD^2 : AC^2 = Q - q : Q$ и $AD = AC \sqrt{\frac{Q - q}{Q}} = AC \sqrt{1 - \frac{q}{Q}}$; также можно опредѣлить CD изъ равенства $CD = AC - AD = AC - AC \sqrt{1 - \frac{q}{Q}}$ или

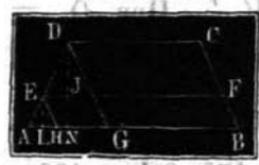
$$CD = AC \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{q}{Q}} \right).$$

При $Q = 6300$ к. с. и $q = 1008$ к. с., получимъ

$$\frac{q}{Q} = 0,16; 1 - \frac{q}{Q} = 0,84; \sqrt{1 - \frac{q}{Q}} = 0,916; 1 - \sqrt{1 - \frac{q}{Q}} = 0,084; AC \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{q}{Q}} \right) = 475 \cdot 0,084; CD = 39,9 \text{ саж.}$$

5) Отъ трапеціи ABCD, части которой известны, отрѣзывать трапецію ABFE (фиг. 447).

фиг. 447.



Положимъ, что $AB = a$, $DC = b$, высота $DN = h$ и $AD = g$; площадь $ABCD = Q$ и площадь $ABFE = q$; тогда $Q = \left(\frac{a + b}{2} \right) \cdot h$

$$\text{и } h = \frac{2Q}{a + b} \dots (I)$$

Означивъ искомую длину EF чрезъ y , и высоту EL чрезъ x , получимъ $q = \left(\frac{a + y}{2} \right) \cdot x$, и $x = \frac{2q}{a + y} \dots (II)$

Проведя прямыя EH и DG параллельно къ BC, получимъ подобные треугольнички EAH и DAG, изъ которыхъ выводится пропорція $AH : AG = EL : DN$ или $AH : AG = x : h$.

Но такъ какъ $GB=DC$ и $EF=HB$, то $АН=a-y$ и $AG=a-b$; следовательно $a-y:a-b=x:h$.

Подставляя вмѣсто h и x найденныя ихъ величины (I) и (II), имѣемъ $a-y:a-b=\frac{2q}{a+y}:\frac{2Q}{a+b}$, откуда $\frac{(a-y)\cdot Q}{a+b}=\frac{(a-b)\cdot q}{a+y}$;

следовательно $(a-y)(a+y)=(a-b)(a+b)\cdot\frac{q}{Q}$ и $a^2-y^2=$

$(a-b)(a+b)\cdot\frac{q}{Q}$, откуда $y^2=a^2-(a-b)(a+b)\cdot\frac{q}{Q}$ и

$$y=\sqrt{a^2-(a-b)(a+b)\cdot\frac{q}{Q}}\dots (III).$$

Опредѣливъ длину EF , найдемъ AE изъ подобныхъ треугольниковъ $ЕАН$ и DAG ; ибо $AG:AD=АН:AE$ или $a-b:g=a-y:AE$,

откуда $AE=\frac{g}{a-b}(a-y)\dots (IV)$ или

$$AE=\frac{g}{a-b}\left(a-\sqrt{a^2-(a-b)(a+b)\cdot\frac{q}{Q}}\right).$$

Объяснимъ предъидущія вычисленія примѣромъ: пусть $AB=a=373$ саж., $CD=b=189$ саж., $DN=h=55$ саж.; тогда $Q=15455$ кв. саж.; наконецъ положимъ, что $g=5000$ кв. саж. Отсюда имѣемъ:

$$\begin{array}{r} a=373 \\ b=189 \\ \hline a+b=562 \\ q=5000 \\ \hline (a+b)q=2810000 \\ Q=15455 \\ \hline (a+b)\frac{q}{Q}=181\frac{9}{11} \\ a-b=184 \\ \hline (a-b)(a+b)\frac{q}{Q}=33454\frac{6}{11} \\ \hline a^2=139129 \\ \hline a^2-(a-b)(a+b)\frac{q}{Q}=105674\frac{5}{11} \\ \hline \sqrt{a^2-(a-b)(a+b)\frac{q}{Q}}=325,076 \text{ саж. } = y. \end{array}$$

Положивъ, что $AD=g=72$ саж., получимъ $a-b=184$, $g=72$,

$a - y = 47,924$, и следовательно $184 : 72 = 47,924 : AE$, откуда $AE = 18,75$ саженьямъ.

Отложивъ длину AE , проводитьъ чрезъ точку E прямую EF параллельно къ AB .

Если извѣстна высота DN , то возможно опредѣлить отрѣзокъ $JN = x$, и следовательно провести прямую раздѣла чрезъ точку J ; тогда при $DN = h = 55$ саж. получимъ $a - b : a - y = DN : JN$ или $184 : 47,924 = 55 : JN$, откуда $JN = 14,3$ саж.

Въ разсмотрѣнномъ случаѣ предполагалось, что отрѣзокъ q прилежитъ къ сторонѣ AB , и что части AE и NJ отложены на прямыхъ AD и ND , считая отъ прямой AB . Если-же площадь q должна прилежать къ сторонѣ DC , то стоить только опредѣлить $ABFE = Q - q$; что приводитъ къ предъидущимъ вычисленіямъ; въ формулахъ (III) и (IV) заключаются оба случая. Назовемъ чрезъ a постоянно ту сторону, къ которой долженъ прилежать отрѣзокъ q . Если площадь $DEFC = q$ должна прилежать къ сторонѣ DC , то надлежитъ въ формулахъ (III) и (IV) перемѣнить a на b , и b на a ; следовательно $(b - a)$ величина отрицательная и равна $-(a - b)$; тогда

$$y = \sqrt{b^2 + (a - b)(a + b) \frac{q}{Q}} \dots (V)$$

$$DE = \frac{g}{a - b}(y - b) = \frac{g}{a - b} \left(\sqrt{b^2 + (a - b)(a + b) \frac{q}{Q}} - b \right) (VI).$$

Возьмемъ предъидущій примѣръ, но положимъ, что отъ данной трапеціи должно отрѣзать часть $q = 10455$ кв. саж., прилежащую къ сторонѣ DC ; тогда $a + b = 562$.

$$(a + b)q = 562 \cdot 10455 = 5875710.$$

$$(a + b) \cdot \frac{q}{Q} = \frac{5875710}{15455} = 380 \frac{2}{11}.$$

$$(a - b)(a + b) \cdot \frac{q}{Q} = 184 \cdot 380 \frac{2}{11} = 69953 \frac{5}{11}.$$

$$b^2 + (a - b)(a + b) \cdot \frac{q}{Q} = 105674 \frac{5}{11}.$$

$$\sqrt{b^2 + (a - b)(a + b) \frac{q}{Q}} = 325,076.$$

$$\sqrt{b^2 + (a - b)(a + b) \frac{q}{Q}} - b = 136,076; \text{ следовательно}$$

$a - b : y - b = DA : DE$ или $184 : 136,076 = 72 : DE$, откуда

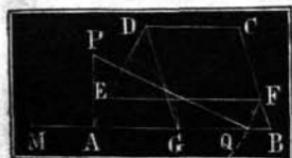
DE = 53,25 саж. Дѣйствительно DE = AD — AE = 72 — 18,75 = 53,25.

§ 198. Графическое рѣшеніе этого вопроса не столь точно; однако не лишнее объ немъ упомянуть:

а) Когда отрѣзокъ долженъ прилежать къ сторонѣ АВ (фиг. 448).

Вычисленіемъ отыскивается линія L изъ пропорціи Q : q = AB +

фиг. 448.



DC : L; отложивъ AM = L, проводяъ прямую DG параллельно къ BC, и на MG описываютъ полуокружность; изъ точки A возставляютъ перпендикуляръ AP къ прямой АВ. Изъ точки Р описываютъ радіусомъ, равнымъ АВ, дугу, пересѣкающую прямую АВ; тогда AQ равна длинѣ прямой раздѣла.

Проведя QF параллельно къ AD, и FE параллельно къ АВ, получится требуемый отрѣзокъ ABFE; ибо

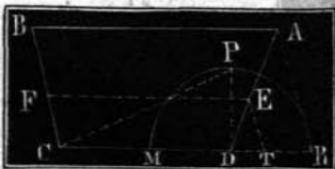
$AQ^2 = PQ^2 - AP^2$, или $AQ^2 = AB^2 - AP^2$; но $AP^2 = AG \cdot AM = (a - b) L = (a - b) (a + b) \frac{q}{Q}$, и $AB^2 = a^2$; слѣдовательно $AQ^2 =$

$$a^2 - (a - b) (a + b) \frac{q}{Q} = y^2.$$

б) Когда отрѣзокъ долженъ прилежать къ сторонѣ CD (фиг. 449).

По предъидущему отыскиваютъ прямую L, и откладываютъ ее отъ D до M; продолживъ CD, проводятъ AR параллельно къ BC. На прямой MR описываютъ окружность, и возставляютъ изъ точки D къ прямой MR перпендикуляръ DP; тогда прямая CP выразитъ длину

фиг. 449.



прямой раздѣла. Отложивъ CT = CP, и проведя ET параллельно къ BC, и EF параллельно къ CT, получимъ EF = CT = CP и требуемый отрѣзокъ CDEF; ибо $CP^2 = CD^2 + DP^2$; но $CD^2 = b^2$, $DP^2 = DM \cdot DR =$

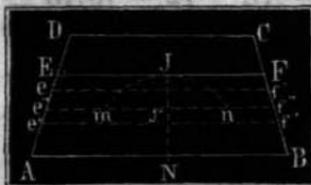
$$(a - b) L = (a - b) (a + b) \frac{q}{Q}; \text{ слѣдовательно } CP^2 =$$

$$b^2 + (a - b) (a + b) \frac{q}{Q} = y^2.$$

Рѣшеніе предъидущаго вопроса по приближенію.

Положимъ, что EF (фиг. 450) представляетъ истинную прямую

Фиг. 450.



раздѣла, и что на планѣ проведена пряма ef , положеніе которой опредѣлено на глазъ. Проведя прямую $e'f'$, равно-отстоящую отъ AB и ef , опредѣляютъ длину $e'f'$. Раздѣливъ площадь q на $e'f'$, получится высота NJ' , которая однако несовсѣмъ точна.

Черезъ точку J' проводятъ прямую $e''f''$ параллельно къ AB и вычисляютъ площадь $ABf''e''$; тогда разность $q - ABf''e'' = e''f''FE$ покажетъ чѣмъ трапеція $ABe''f''$ болѣе или менѣе площади q . Раздѣливъ площадь $e''f''FE$ на $e''f''$, получимъ высоту JJ' трапеціи. Приложивъ величину JJ' къ высотѣ $J'N$, или отнявъ JJ' отъ нея, получимъ истинную высоту отръзка q . Взявъ точку N за центръ, описываютъ радіусомъ, равнымъ JJ' , дугу mn , къ которой проводятъ касательную EF параллельно къ AB . Для повѣрки вычисляютъ площадь $ABFE$, которая должна равняться q ; въ случаѣ погрѣшности должно снова передрѣлать предъидущее дѣйствіе. Ясно, что на планѣ нѣтъ надобности проводить всѣ линіи, исключая EF .

6) Данную фигуру раздѣлить прямыми, параллельными между собою, на данное число частей (Ф. 451).

Фиг. 451.



бою, на данное число частей (Ф. 451).

Черезъ всѣ вершины фигуры проводятъ прямыя, параллельныя къ данной прямой.

Площади полученныхъ треугольниковъ и четырехугольниковъ вычисляютъ сколь возможно точно.

Для примѣра положимъ, что площадь I = 17 дес.

— II = 5 —

— III = 20 —

— IV = 19 1/2 —

— V = 21 1/4 —

— VI = 7 5/8 —

— VII = 46 1/6 —

— VIII = 9 —

— IX = 18 25/24 —

165 дес.

Для полученія величины каждой части, раздѣляютъ всю площадь на данное число частей, которое пусть будетъ 20; тогда получимъ

$$\frac{165}{20} = 8\frac{1}{4} \text{ дес.}$$

Зная величину площадей I, II..., легко опредѣлить положеніе линий раздѣла. Первая изъ нихъ получится, отдѣливъ отъ треугольника I (§ 197 4-ая задача), другой треугольникъ, равный $8\frac{1}{4}$ десят. Полученная прямая *ab* изобразить первую прямую раздѣла. Для опредѣленія второй линии раздѣла, складываютъ $8\frac{1}{4} + 8\frac{1}{4} = 2 \cdot 8\frac{1}{4} = 16\frac{1}{2}$; слѣдовательно и вторая линия должна также находиться въ треугольникѣ I. Отрѣзавъ треугольникъ *Kcd*, равный $16\frac{1}{2}$ дес. отъ треугольника I, получится прямая *cd*. Сравнивъ сумму $8\frac{1}{4} + 8\frac{1}{4} + 8\frac{1}{4} = 24\frac{3}{4}$ съ суммою площадей I, II, находимъ, что $24\frac{3}{4} > I + II$, но меньше $I + II + III$; слѣдовательно третья прямая раздѣла должна находиться въ трапеціи III. Для опредѣленія прямой *ef* должно взять разность $24\frac{3}{4} - 22 = 2\frac{3}{4}$; слѣдовательно должно отъ трапеціи III отрѣзать площадь, равную $2\frac{3}{4}$ дес. Такимъ-же образомъ опредѣлятся прочія линии раздѣла. При этомъ должно опредѣлить отрѣзки отъ линий, проведенныхъ чрезъ вершины, а отнюдь не отъ смежныхъ линий раздѣла; такъ на примѣръ можно было-бы опредѣлить прямую *cd* относительно *ab*, отрѣзавъ отъ трапеціи *abNM* площадь въ $8\frac{1}{4}$ дес.; но тогда погрѣшность, сдѣланная при опредѣленіи *ab*, будетъ имѣть вліяніе на *cd*, а потому для избѣжанія этой погрѣшности опредѣляютъ *cd* относительно *K* или *MN*.

Въ предъидущемъ способѣ размежевки предполагалось, что линіи раздѣла суть прямыя, параллельныя между собою; но это предположеніе не всегда допускается; часто требуется провести линіи раздѣла ломанными и непараллельными. Разсмотримъ нѣкоторые вопросы, относящіеся къ этому случаю.

§ 199. 7) *Отъ поля ABCD, отрѣзать часть BE'F'C вдоль по его длинѣ.*

Главное условіе при рѣшеніи этого вопроса состоитъ въ томъ, чтобы стороны отрѣзка были параллельны къ сторонамъ самой фигуры. Чрезъ вершины угловъ проводятъ прямыя, приблизительно перпендикулярныя къ сторонамъ многоугольника; иногда возможно провести эти прямыя чрезъ вершины двухъ противоположныхъ угловъ, какъ на примѣръ *MN* (фиг. 452). Положимъ, что поверхностное содержаніе поля равно *Q*, а площадь отрѣзка = *q*. Раздѣливъ всѣ линіи

фиг. 452.



BF, MN... въ содержаніе $\frac{q}{Q}$, т. е. $Bf = BF \cdot \frac{q}{Q}$, $Na =$

$MN \cdot \frac{q}{Q}$ и т. д., получать точки f, a, b, \dots ; про-

водя прямыя fa, ab, bc, \dots , образуется фигура EBCF,

площадь которой близко подходит къ данной

q , и притомъ почти подобная фигурѣ ABCD. По-

томъ вычисляютъ площадь BEFC и сравниваютъ ее

съ данною q ; разность $\vartheta = q - BEFC$ раздѣляютъ

на сумму $Ef + fa + ab + \dots$, т. е. на длину всей

ломанной линіи; полученное частное выражаетъ

высоту части E'E/F'F, которую должно придать къ

фигурѣ EBCF. Опредѣливъ такимъ образомъ точку

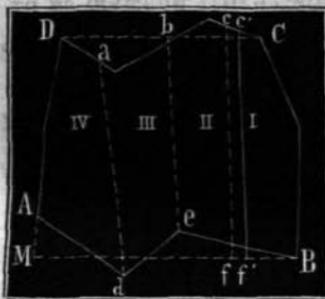
E', проводятъ E'a' параллельно къ Ea, a'b' параллель-

но къ ab и т. д. Узнавъ по масштабу длины Vf', Na'..., откладываютъ

ихъ цѣпью на полѣ.

8) Неправильную фигуру ABCD раздѣлить на данное число равныхъ или неравныхъ частей, такъ, чтобы послѣднія были по возможности подобны между собою (фиг. 453).

фиг. 453.



Такъ какъ фигура ограничена ломанны-

ми линіями, то проводятъ прямыя DC и

MB; потомъ приступаютъ къ приближи-

тельной размежевкѣ. Для этого раздѣля-

ютъ прямыя DC и MB въ томъ-же содер-

жаніи, въ какомъ должно раздѣлить весь

участокъ; чрезъ точки дѣленія проводятъ

прямыя ad, be, cf . Эти части однако нерав-

ны между собою, и слѣдов. должны быть

исправлены. Для этого вычисляютъ площадь части I и сравниваютъ

ее съ истинною величиною этой площади; тогда узнается погрѣш-

ность, которую уничтожаютъ (§197 задача 5), проведя новую прямую

$c'f'$ раздѣла параллельно къ cf ; тогда трапеція $cc'f'f$ означитъ погрѣш-

ность. Потомъ вычисляютъ сумму площадей I и II, и опредѣляютъ

разность между нею и истинною суммою площадей I и II; тог-

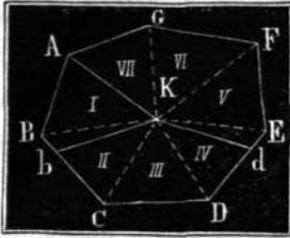
да исправляется погрѣшность проведеніемъ прямой параллель-

но къ be .

9) Раздѣлить данную фигуру на нѣсколько равныхъ или неравныхъ

частей такъ, чтобы прямыя раздѣла проходили черезъ точку, внутри фигуры лежащую (Фиг. 454).

Фиг. 454.



Черезъ точку К и всѣ вершины многоугольника проводятъ прямыя; тогда получается треугольники I, II, III... Потомъ опредѣляютъ сумму S площадей всѣхъ треугольниковъ, и также величину каждой части, т. е. $\frac{S}{n} = s$,

гдѣ n означаетъ число частей. Одну изъ проведенныхъ линий, на примѣръ КА, принимаютъ за первую прямую раздѣла. Потомъ сравниваютъ площадь s съ площадью I; пусть площ. $s >$ площ. I, но $s <$ площ. I + пл. II; тогда вторая линия раздѣла будетъ находиться въ треугольникѣ II. Взявъ разность $s - \text{пл. I} = \text{пл. ВК}b$, должно ее отнять отъ площади II. Треугольникъ ВКb опредѣляютъ по предъидущему, т. е. вычисленіемъ находятъ основаніе Вb. Потомъ сравниваютъ сумму площадей $s + s$ съ суммою пл. I + пл. II + пл. III, чтобы опредѣлить, въ какомъ треугольникѣ должна находиться третья прямая раздѣла. Точно такимъ-же образомъ поступаютъ, когда прямыя раздѣла должны пройти черезъ точку, данную на одной изъ сторонъ многоугольника.

10) Размежевать участокъ такъ, чтобы прямыя раздѣла пересѣкли берега озера, находящагося внутри дачи (Фиг. 455).

Избравъ на планѣ точку К, проводятъ черезъ нее и вершины многоугольника прямыя КА, КВ...; тогда получатся треугольники КАВ, КВЕ и т. д. Вычисляютъ площади КАВ, КВЕ... и площади Каb, Квс...; взявъ разности

Фиг. 455.



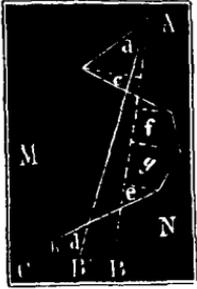
АКВ — $aKb = AaBb$, ВКЕ — $bKc = bсЕВ$, складываютъ $AaBb + bсЕВ + \dots = I + II + III + \dots = S$; частное s, происшедшее отъ дѣленія суммы S на число n частей, опредѣлить площадь каждой части. Положимъ, что АК представляетъ первую линію раздѣла, и что

$s <$ пл. I; тогда вторая линія раздѣла должна находиться въ треугольникѣ I. Для опредѣленія этой линіи должно отъ площади I отрѣзать площадь, равную пл. I — площ. s; можно построить треугольникъ бСВ, площадь котораго равна разности пл. I — пл. s; тогда линія бС раздѣла пройдетъ черезъ точку b. Для опредѣленія прочихъ

линии раздѣла, сравниваютъ сумму $s + s = 2s$ съ суммою пл. I + пл. II; потомъ пл. $3s$ съ суммою пл. I + пл. II + пл. III + ...

§ 200. 11) *Замѣнить криволинейную между AC (Ф. 456), прямолинейною, проходящею также чрезъ точку A.*

Фиг. 456.



Пересѣкаютъ между прямою АВ такъ, чтобы она приблизительно отдѣлила отъ М къ N столько, сколько отъ N отдѣлилось къ М. Изъ вершинъ ломанной линіи опускаютъ на АВ перпендикуляры, и вычисляютъ площади a, c, e, \dots образовавшихся треугольниковъ и трапецій. Тогда узнаемъ, что отъ участка М отняли площадь $g + e + f = m$ десят., а отъ участка N площадь $a + c + h = p$ десят. При $p = m$, прямая АВ будетъ служить новой межою; но

если $p > m$ или $p - q = m$, т. е. отъ участка N отняли часть, которая болѣе настоящаго величиною q , то должно отъ p отнять площадь

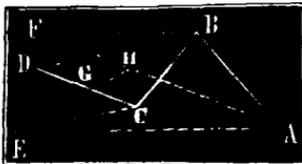
$\frac{q}{2}$, а къ участку N прибавить $\frac{q}{2}$; тогда $p - \frac{q}{2} = m + \frac{q}{2}$. Для

уничтоженія этой погрѣшности строятъ на АВ треугольникъ, площадь котораго равна $\frac{q}{2}$. Чтобы получить высоту этого треуголь-

ника, раздѣлимъ $\frac{q}{2}$ на $\frac{AB}{2}$, или q на АВ. Положимъ, что высота получилась равною h ; тогда изъ В возставляютъ перпендикуляръ $Vd = h$, и проводятъ прямую AdV' ; площадь полученнаго треугольника

$ABV' = \frac{q}{2}$, и AV' представляетъ межу участковъ М и N.

Фиг. 457.



Эту-же задачу можно рѣшить графически безъ вычисленій. Положимъ, что ABCDE (Фиг. 457) представляетъ данную межу; соединивъ точку В съ D, проводятъ прямую CE параллельно къ BD, и соединяютъ

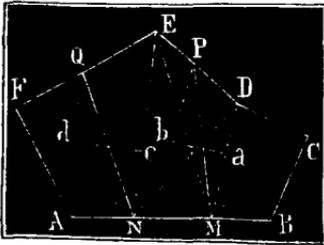
точку В съ E; тогда прямая BE замѣняетъ ломанную BCDE. Дѣйствительно: треугольники BCD и BED равномѣрны, потому-что имѣютъ общее основаніе BD, и ихъ высоты находятся между параллельными BD и CE; такъ какъ BCD — BGD = BED — BGD, то треугольники BCG и DGE также равномѣрны; слѣдовательно къ одному участку прибавится площадь DGE, а къ другому площадь BCG. Потомъ

проводятъ АЕ, прямую ВF параллельно къ АЕ, и наконецъ соединяютъ точку А съ F; тогда АF замѣняетъ ломанную АВЕ. Въ самомъ дѣлѣ: треугольники АВF и ЕВF равномѣрны; а потому АВF — ВFN = АВN, ЕВF — ВFN = ЕFN, и треугольники АВN и ЕFN также равномѣрны. Слѣдовательно къ одному участку прибавляемъ АВN и отнимаемъ отъ него ЕFN, а къ другому прибавляемъ ЕFN и отнимаемъ АВN.

12) Данную фигуру ABCDEF, площадь которой равна, на примѣръ, 45 десятинамъ, раздѣлить на три части $m = 18$, $p = 15$ и $q = 12$ десят., и чтобы прямыя раздѣла пересѣкли сторону АВ. (фиг. 458).

Сначала должно отрѣзывать отъ даннаго многоугольника часть ВMPDC, равную 18 десят. (§ 199; 8); потомъ часть NQEDCB, равную $18 + 15$ десят.; тогда прямыя MP и NQ раздѣляютъ данную площадь на требуемое число частей. Положимъ, что на прямой АВ даны точки M и N, и должно опредѣлить положеніе прямыхъ MP и NQ; пусть на примѣръ $BM : MN : NA = 18 : 15 : 12$;

фиг. 438.



тогда по известной сторонѣ АВ, равной

438 саженьямъ, получимъ $BM + MN + NA : 18 + 15 + 12 = BM : 18$ или $438 : 45 = BM : 18$, также $438 : 45 = MN : 15$, и $438 : 45 = AN : 12$, откуда $BM = 175, 2$ саж., $MN = 146$ саж. и $NA = 116, 8$ саж.

Для полученія на планѣ точекъ M и N, откладываютъ по масштабу полученныя длины BM, MN, NA. Для опредѣленія направленія MP, проводятъ прямыя MC, MD, ME, и вычисляютъ площади MBC, CMD, DME; составивъ суммы: $P = MBC$, $P_1 = MBC + CMD$ и $P_2 = MBC + CMD + DME$, узнаютъ, въ какомъ треугольникѣ находится прямая MP (§ 199; 9). Для примѣра положимъ, что $P_1 = 16$ дес. и $P_2 = 21$ дес.; отсюда слѣдуетъ, что должно къ MBCD прибавить треугольникъ, площадь котораго равна $18 - 16 = 2$ дес. Основаніемъ этого треугольника служить прямая MD, которая пусть равна

на 224 сажен.; тогда высота равна $\frac{2 \cdot 2400}{224 : 2} = \frac{4800}{112} = 42\frac{6}{7}$ саж.

Изъ какой-нибудь точки a прямой MD возставляютъ перпендикуляръ ab , равный $42\frac{6}{7}$ саж., и проводятъ чрезъ b прямую bP параллельно къ MD, и наконецъ чрезъ M и полученную точку P пересѣ-

ченія прямую MP ; площадь образовавшагося треугольника MDP равна 4800 кв. саж. = 2 десят.

Для опредѣленія направленія прямой NQ , проводятъ прямыя ND , NE , NF , и вычисляютъ площади MDN , DEN , ENF ; положимъ, что $MDN = Q$, $MDN + DEN = Q_1$, и $MDN + DEN + ENF = Q_2$. Пусть $MBCD + Q = 16 + 4 = 20$ дес., $MBCD + MDN + DEN = MBCD + Q_1 = 20$ дес. + 7 дес. и $MBCD + MDN + DEN + ENF = MBCD + Q_2 = 27 + 9 = 36$ дес.; слѣд. $m + p > MBCD + Q$, и $m + p < MBCD + Q_2$, а потому прямая NQ должна находиться въ треугольникѣ EFN . Отсюда слѣдуетъ, что къ площади $MBCD + Q_1$ должно придать разность $(MBCD + Q_2) - (m + p) = 36 - 33 = 3$ дес.; т. е. должно на NE построить треугольникъ, площадь котораго равна 3 дес. = 7200 кв. саж. Для примѣра положимъ, что $NE = 252$ саж.; тогда высота этого треугольника будетъ $\frac{7200}{252:2} = \frac{7200}{126} =$

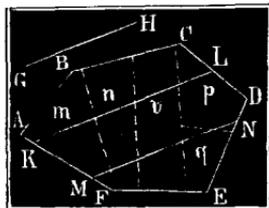
$57\frac{1}{7}$ с. Изъ какой-нибудь точки c прямой NE возставляютъ перпендикуляръ, и откладываютъ на немъ $cd = 57\frac{1}{7}$ саж.; проведя чрезъ точку d прямую dQ параллельно къ NE , получаютъ точку Q искомой линіи NQ раздѣла.

Рѣшеніе этого вопроса встрѣчается на практикѣ въ слѣдующихъ случаяхъ: а) когда AB представляетъ берегъ рѣки, и требуется размежевать дачу такъ, чтобы части примыкали къ рѣкѣ; б) когда AB представляетъ дорогу, по которой расположены крестьянскіе дворы, и требуется участокъ, данный крестьянамъ, размежевать такъ, чтобы каждая часть примыкала къ соотвѣтствующему ей двору.

§ 201. 13) Участокъ $ABCDEF$, имѣющій повсюду одинакое качество земли, принадлежитъ тремъ владѣльцамъ: первому части m и p , второму n и q , третьему v . Требуется раздѣлить весь участокъ такъ, чтобы части, принадлежащія каждому владѣльцу, составили одну фигуру.

На составленномъ планѣ опредѣляютъ направленіе прямыхъ раздѣла; положимъ что они должны быть параллельны къ прямой GH (Фиг. 459). По предъидущему (§ 200) отдѣляютъ площадь $ABCLK =$

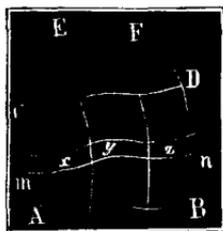
фиг. 459.



$m + p, KLMN = n + q$; тогда площадь EFMN должна равняться v . Потомъ должно на мѣстности означить точки K, L, M, N; для этого опредѣляютъ на бумагѣ разстоянія AK, AM, CL, DN, и откладываютъ ихъ на мѣстности по прямымъ AF, CD и DE; тогда получатся на мѣстности точки, чрезъ которыя должно провѣшить прямыя раздѣла.

14) Чрезъ пашни ABCD, принадлежащія тремъ крестьянамъ, предполагается провести дорогу шхузн. Въ замѣнь отдѣляющихся на дорогу частей x, y, z дано крестьянамъ поле одинакаго качества съ пашнею ABCD. Требуется узнать, сколько получитъ каждый крестьянинъ (фиг. 460).

фиг. 460.



Положимъ, что площадь SEFD равна F ; по правилу товарищества имѣемъ $x : y : z = x' : y' : z'$, гдѣ x', y', z' означаютъ части поля F , соотвѣтствующія частямъ x, y, z . Изъ этой пропорціи получимъ $x + y + z : x' + y' + z' = x : x'$ или $x + y + z : F = x : x'$; $x + y + z : x' + y' + z' = y : y'$ или $x + y + z : F = y : y'$; $x + y + z : x' + y' +$

$$z' = z : z' \text{ или } x + y + z : F = z : z', \text{ откуда } x' = \frac{x}{x + y + z} \cdot F,$$

$$y' = \frac{y}{x + y + z} \cdot F, z' = \frac{z}{x + y + z} \cdot F.$$

§ 202. До сихъ поръ принимали, что качество земли размежеваемыхъ участковъ было одинаково; но большею частью почва бываетъ различная. Два участка, площади которыхъ совершенно равны, могутъ быть различной цѣнности по степени плодородности ихъ почвы и удобству ихъ обработыванія. Вообще называютъ качествомъ земли какой-нибудь дачи цѣнность десятины. Если цѣна участка равна P , поверхностное содержаніе его F , и качество земли равно B , то $P = B \cdot F$. Назовемъ тѣже величины другаго участка чрезъ P', B', F' ; тогда будетъ $P : P' = BF : B'F'$, т. е. цѣнности двухъ участковъ пропорціональны произведеніямъ изъ качества земли на ихъ площади. При $B = B'$, получимъ $P : P' = F : F'$, т. е. при одинакомъ качествѣ земли, цѣнности пропорціональны площадямъ; при $F = F'$ будетъ $P : P' = B : B'$, т. е. цѣнности пропорціональны качествамъ почвы при равныхъ площадяхъ двухъ участковъ. Если десятина одного участка

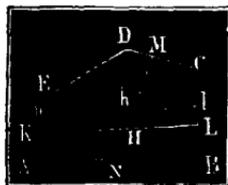
стоитъ 5 рублей, а другаго 3 рубля, то, при равныхъ площадяхъ обоихъ участковъ, получимъ $P:P' = 5:3$, откуда $P = \frac{5}{3}P'$; слѣдовательно участокъ P въ $1\frac{2}{3}$ раза дороже участка P' , или 3 десятины участка P стоятъ столько, сколько 5 десятинъ участка P' . Если цѣнности двухъ участковъ равны, но ихъ качества земли и площади неравны, то изъ равенствъ $P = B \cdot F$ и $P' = B' \cdot F'$, получимъ $BF = B'F'$, и слѣдовательно $B : B' = F' : F$, т. е. качества земли обратно пропорциональны площадямъ; такъ на примѣръ при $B = 4$ руб., $B' = 7$ рублямъ и $F' = 216$ десятинамъ, получимъ $F = 378$ десятинамъ, т. е. $P = BF = 4 \cdot 378$ и $P' = B'F' = 7 \cdot 216$.

Вообще, означивъ чрезъ a, b, c, \dots качества земли нѣсколькихъ участковъ, площади которыхъ равны A, B, C, \dots , принимаютъ качество земли одного изъ участковъ за единицу, т. е. полагаютъ, что площадь A , которой качество земли выражено чрезъ a , равна площади Aa , которой качество земли равно единицѣ; такимъ-же образомъ можно принять площади B и C , которымъ соотвѣтствуютъ качества земли b и c , за площади $B.b$ и $C.c$, имѣющія качества земли, равныя единицѣ. Слѣдовательно сумма площадей A, B, C, \dots , которымъ соотвѣтствуютъ качества земли a, b, c, \dots , равна суммѣ $Aa + Bb + Cc + \dots$ при качествахъ земли, равномъ единицѣ

Основываясь на предъидущемъ, приступимъ къ размежеванію участковъ, имѣющихъ неодинакую почву.

1) Раздѣлить поле $ABCDE$ (фиг. 461) на двѣ равныя части, полагая, что оно прямою MN раздѣляется на два участка различнаго качества земли.

фиг. 461.



Для примѣра положимъ, что площадь $ANMDE$ равна 32 десят., площадь $NBCM$ 24 десят., и что качества ихъ земли относятся какъ 2 : 3. Обратимъ объ площади въ качество земли, равное единицѣ; тогда $ANMDE = 32 \cdot 2 = 64$ десят. и $NBCM = 24 \cdot 3 = 72$ десят.; слѣдовательно площадь всего поля равна $64 + 72 = 136$ десятинамъ при качествахъ земли, равномъ единицѣ. По раздѣленіи участка на двѣ равныя части, узнаемъ, что каждая должна содержать 68 десятинъ при качествахъ земли, равномъ единицѣ.

Проводятъ на планѣ прямою KL , приблизительно раздѣляющую

поле въ данномъ содержаніи ; потомъ вычисляють поверхностное содержаніе частей ANHK, BNHL, и обращаютъ каждую площадь въ площадь съ качествомъ земли, равнымъ единицѣ; тогда узнается, вѣрно-ли или невѣрно проведена прямая KL. Для примѣра положимъ, что площади ANHK = 9 и BNHL = 16 дес.; по обращеніи въ площади, имѣющія единицу качествомъ земли, получимъ ANHK = 2 . 9 и BNHL = 16 . 3, и слѣдовательно площадь AVLK = 18 + 48 = 66 десятинамъ; а потому площадь AVLK менѣ половины величиною 68 — 66 = 2 десят. при качествѣ земли, равномъ единицѣ.

Прямую kl должно прибавить 2 десятины къ площади AVLK. Трапеція KklL приблизительно принимается за параллелограмъ, высота котораго опредѣляется слѣдующимъ образомъ: пусть KH = a, HL = b, и высота параллелограмма KklL = z; тогда площадь KHhk = az, и при качествѣ земли, равномъ единицѣ, она равна 2az; площадь параллелограмма HLlh = bz и, при качествѣ земли, равномъ единицѣ, она будетъ 3bz. Слѣдовательно вся площадь при качествѣ земли, равномъ единицѣ, будетъ 2az + 3bz = (2a + 3b) z = 2 дес., откуда z =

$$\frac{2 \text{ дес.}}{2a + 3b} = \frac{4800 \text{ кв. саж.}}{2a + 3b}. \text{ По извѣстнымъ: } a = 83 \text{ саж. и } b = 94 \text{ саж., получимъ } z = \frac{4800}{166 + 282} = \frac{4800}{448} = 10\frac{5}{7} \text{ саж.}$$

Для повѣрки необходимо вычислить площади ANhk и BNhl. Предъидущее приблизительное рѣшеніе даетъ достаточно-вѣрные результаты.

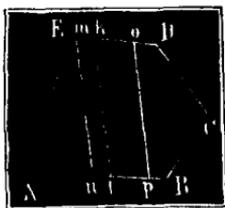
2) Два участка m и n, имѣющіе различное качество земли, принадлежатъ двумъ владѣльцамъ; первый владѣлецъ передаетъ второму часть abcd участка m. Узнать сколько десятинь участка n получить первый въ замѣнь отданной части, когда качество земли участка m относится къ качеству земли участка n, какъ 4 къ 5.

Полагая, что площадь abcd равна 46 десятинамъ, а при качествѣ земли, равномъ единицѣ, она будетъ 46 . 4 = 184 десят.; слѣдовательно искомая площадь равна $\frac{184}{5} = 36,8$ десятинамъ.

§ 203. 3) Данный участокъ, состоящій изъ трехъ частей AEmn (Фиг. 462), mpro, орBCD раздѣлить на три части, пропорціональныя числамъ L, M, N. Качество земли части AEmn равно f, части mpro

равно g и части $opBCD$ равно h . Площади: $AEtn = F$, $tnpo = G$ и $opBCD = H$.

фиг. 462



По обращеніи данныхъ частей въ площади, имѣющія единицу качествомъ земли, получимъ $AEtn = F \cdot f$, $tnpo = G \cdot g$, $opBCD = H \cdot h$, и площадь всего участка при качествѣ земли, равномъ единицѣ, равна $Q = F \cdot f + G \cdot g + H \cdot h$.

Полученную площадь Q должно раздѣлить на части x, y, z , пропорціональныя числамъ L, M, N ; тогда $x : y : z = L : M : N$ или $x + y + z : L + M + N = x : L$; $x + y + z : L + M + N = y : M$; $x + y + z : L + M + N = z : N$, откуда $x = \frac{L}{L + M + N} \cdot Q$, $y = \frac{M}{L + M + N} \cdot Q$ и $z = \frac{N}{L + M + N} \cdot Q$.

Если при сравненіи величины x съ площадью $F \cdot f$ окажется что $x = F \cdot f$, то первая часть будетъ равна части $AEtn$, имѣющей качествомъ земли f . При величинѣ $F \cdot f$, меньшей x должно къ части $AEtn$ прибавить еще часть участка $tnpo$. Положимъ, что $x - Ff = g : \alpha$, гдѣ α означаетъ число десятинѣ при качествѣ земли, равномъ единицѣ. Изъ предъидущаго равенства будетъ $\alpha = \frac{x - Ff}{g}$; слѣдов., построивъ на tn четырехугольникъ $tnlk$, площадь котораго равна $\frac{x - Ff}{g}$ при качествѣ земли, равномъ единицѣ, получимъ часть $AlkE = x$.

Можетъ случиться, что $x > AEtn + tnpo$ или $x > F \cdot f + G \cdot g$ при качествѣ земли, равномъ единицѣ. Тогда должно отъ части $opBCD$ отдѣлить часть, и прибавить ее къ суммѣ $AEtn + tnpo$; назовемъ эту часть чрезъ α' , которая, при качествѣ земли, равномъ единицѣ, равна $\alpha' h$; тогда получимъ $F \cdot f + G \cdot g + \alpha' h = x$; откуда $\alpha' = \frac{x - F \cdot f - G \cdot g}{h}$.

Если по условію требуется, чтобы каждая изъ частей x, y, z содержала въ себѣ части: a десятинѣ участка $AEtn$, b десятинѣ участка $tnpo$, и c десятинѣ участка $BCDop$, то первая часть x будетъ $a \cdot f + b \cdot g + c \cdot h = \frac{L}{L + M + N} \cdot Q$ или $\frac{L}{L + M + N} \cdot Ff + \frac{L}{L + M + N} \cdot Gg + \frac{L}{L + M + N} \cdot Hh = a \cdot f + b \cdot g + c \cdot h$; слѣдовательно, по сравненіи

коэффициентовъ величинъ f, g, h , получимъ $a = \frac{L}{L + M + N} \cdot F$; $b =$

$\frac{L}{L + M + N} \cdot G$; $c = \frac{L}{L + M + N} \cdot H$; столько придется на часть

x изъ участковъ АЕтп, тпро, DCВро.

4) Два поля $abcd$, $abef$ (Фиг. 463), качества земли которыхъ относятся, какъ n къ m , и принадлежащія: поле $abcd$ крестьянскому двору А, поле $abef$ двору В, раздѣлить на двѣ части, лежащія непосредственно за соотвѣтствующими имъ дворами.

Положимъ, что площадь $abcd$ лучшей земли содержитъ p десятинъ, и площадь $abef$ худшей земли q десятинъ.

Фиг. 463.



Черезъ произвольно взятую точку F проводятъ прямую Fg до пересѣченія съ прямой ab , и вычисляютъ площадь $Fgbc = k$ десятинамъ; также опредѣляютъ площадь $abef$.

Такъ какъ качество земли поля $abcd$ относится къ качеству земли поля $abef$ какъ n : m , то площадь лучшаго поля равна $n \cdot p$, и худшаго $m \cdot q$ при качествѣ земли, равномъ единицѣ. Площадь худшаго поля при качествѣ земли,

равномъ n , равна $\frac{mq}{n}$.

Если, на примѣръ, отрѣзанная площадь $Fgbc$ равняется $k = \frac{m}{n} \cdot q$, то прямая Fg означитъ прямую раздѣла, т. е. ко двору В отдѣлится часть $Fgbc$ лучшаго поля, а ко двору А часть $adFg$ лучшаго, и худшее поле $abef$.

Если-же площадь k больше $\frac{m}{n} \cdot q$, то должно отъ поля $Fgbc$ отрѣзать треугольникъ, площадь котораго равнялась-бы $k - \frac{m}{n} \cdot q$; тогда ломанная линія Fhb означитъ линію раздѣла обоихъ полей; ко двору А отдѣлится поле $dfebhF$, а ко двору В поле $Fhbc$.

ОТДѢЛЪ IV.

ПРИЛОЖЕНІЕ НИЗШЕЙ ГЕОДЕЗИИ КЪ СЕЛЬСКОМУ ХОЗЯЙСТВУ.

§ 204. Составленіе плановъ отдѣльныхъ дачъ имѣеть цѣлью изобразить предметы, важныя въ хозяйственномъ отношеніи, какъ то границы владѣнія, контуры луговъ, полей, лѣсовъ, болотъ и т. д., ручьи, рѣки, озера, дороги, усадьбы и т. д. При съемкѣ, производимой для хозяйственной цѣли, должно съ точностью опредѣлить контуры отдѣльныхъ фигуръ, для того, чтобы по снятому плану возможно было найти поверхностное содержаніе всей дачи и частныхъ подробностей. Изъ этого слѣдуетъ, что хозяйственные планы бываютъ двухъ родовъ: 1) изображающіе однѣ границы владѣнія безъ означенія частныхъ подробностей; эти планы, называемые *межевыми*, состояются въ масштабѣ 50 сажень въ дюймѣ; производство межевой съемки изложено въ § 183; 2) представляющіе дачу со всѣми подробностями; этого рода планы, называемые *хозяйственными*, состояются въ масштабѣ 100 сажень въ дюймѣ. На хозяйственныхъ планахъ не изображаются неровности мѣстности, чтобы не затемнить контуры отдѣльныхъ фигуръ, имѣющіе бѣльшей важности въ хозяйственномъ отношеніи, нежели частныя возвышенія и углубленія; принято означать на планѣ условными знаками только тѣ покатости, которыя представляютъ затрудненія къ обработыванію.

Разсмотримъ производство хозяйственной съемки изъ двухъ точекъ зрѣнія: 1) когда сельскому хозяину, при достаткѣ средствъ, возможно поручить съемку землемѣру; и 2) когда владѣтель желаетъ составить планъ дачи или частныхъ контуровъ безъ помощи землемѣра, производя съемку простѣйшими инструментами.

§ 205. При недостаткѣ средствъ производить хозяйственную съемку мензулою; слѣдовательно должно покрывать всю снимаемую мѣстность треуголіаціею. При выборѣ главныхъ точекъ сѣти, базы, измѣреніи и нанесеніи ея на бумагу, должно руководствоваться правилами, изложенными въ §§ 106, 107.

Опредѣленіе главныхъ точекъ и нанесеніе подробностей изложено въ §§ 106, 102. Кромѣ того съемщикъ долженъ руководствоваться слѣдующими замѣчаніями:

1) Такъ какъ на планѣ необходимо изобразить съ точностью контуры частныхъ фигуръ, то всѣ ліиіи непремѣнно должны быть измѣрены цѣпью.

2) Перпендикуляры должно возставлять эскеромъ.

3) Вершины угловъ, составляемыхъ двумя смежными межами, должны быть опредѣлены засѣчками изъ другихъ вѣрно-опредѣленныхъ точекъ мѣстности.

Иногда производятъ хозяйственную съемку астролябіею; мензульная съемка представляетъ слѣдующія преимущества предъ астролябическою:

1) Углы треугольниковъ сѣти получаютъ мензулою болѣе точными (точность, достигаемая мензулою, простирается до $10''$), нежели при измѣреніи астролябіею, въ особенности когда съемщикъ употребляетъ кипрегель.

2) Нанесеніе подробностей производится несравненно успѣшнѣе, удобнѣе и точнѣе посредствомъ мензулы, нежели какимъ-либо другимъ инструментомъ.

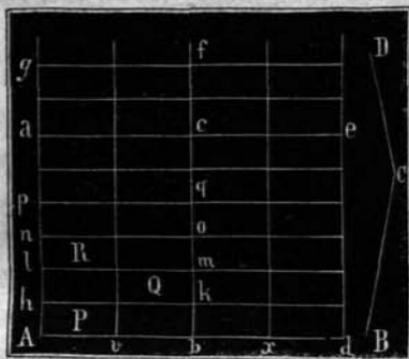
3) Вся работа производится въ полѣ, слѣдовательно на каждомъ шагу представляется съемщику возможность сравнивать полученные изображенія съ предметами на мѣстности.

§ 206. *Нарѣзка десятинь.* Десятина можетъ быть изображена на мѣстности въ видѣ квадрата, прямоугольника и т. д. или даже неправильнымъ многоугольникомъ. Преимущественно нарѣзываютъ ихъ въ видѣ прямоугольниковъ, потому-что: 1) построеніе этихъ фигуръ можетъ быть совершенно простѣйшими инструментами; и 2) стороны прямоугольника могутъ быть выражены цѣлыми числами, при извѣстной

площади въ 2400 квадрат. саж. Совокупность 10, 12 или болѣе десятинъ составляетъ кварталъ; каждый кварталъ, состоящій изъ двухъ рядовъ десятинъ, отдѣляется отъ смежныхъ кварталовъ межникомъ, шириною въ 1 сажень, для свозки жатаго хлѣба; по срединѣ квартала оставляется межникъ, шириною въ 1 аршинъ, отдѣляющій оба ряда десятинъ; наконецъ между десятинами оставляется межникъ шириною въ $\frac{1}{2}$ аршина.

До нарѣзки десятинъ должно по составленному плану сначала вычислить количество земли, находящейся подъ пашнею, и раздѣлить ее на поля сообразно системѣ запашки. Имѣя планъ всей дачи, полезно съ него скопировать, въ увеличенномъ масштабѣ, изображеніе пашни, предназначенной къ разрѣзкѣ на десятины. Если-же плана дачи не имѣется, то, руководствуясь способомъ съемки участковъ съ помощію эккера (§ 89), опредѣляютъ контуры поля. Для примѣра положимъ, что ABCD... (фиг. 464), представляетъ контуръ поля,

фиг. 464.

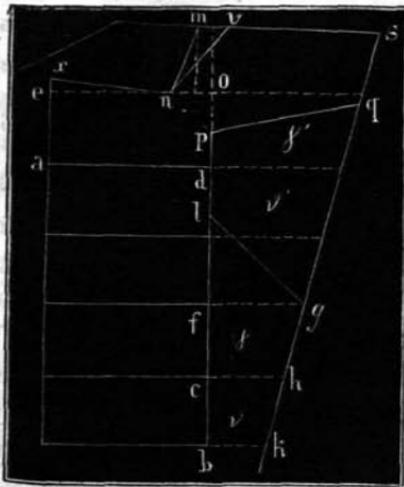


которое требуется нарѣзать на десятины. Отъ точки А откладываютъ по данному масштабу части Av, vb, \dots , равныя 80 саженьямъ до точки d ; изъ точекъ A, v, b, \dots возставляютъ перпендикуляры Ag, bf, \dots , и откладываютъ на нихъ части Ah, hl, \dots , равныя 30 саженьямъ; проведя прямыя ae, hk, lm, \dots , получатся кварталы $Aacb, bdec, \dots$, и десятины P, Q, R, \dots . Остальная часть $dBCDf, \dots$ поля не можетъ быть раз-

дѣлена на правильные кварталы; для означенія десятинъ въ этой части должно руководствоваться слѣдующими правилами:

1) Излишки γ, ϑ, \dots (фиг. 465) не должно вычислить по плану, и отмѣчать на немъ какими-нибудь знаками, что излишки ϑ и ϑ' , γ и γ'

Фиг. 465.



принявъ $fg = 27\frac{1}{2}$ саж. за высоту треугольника, коего площадь $= 967\frac{1}{2}$ кв. саж., отыщемъ его основание; оно получится раздѣленіемъ $967\frac{1}{2}$ на $27\frac{1}{2}$, и равно 35 саж.; отложивъ $fl = 35$ с., и проведя прямую lg , получимъ полную десятину bkg ; при этомъ, какъ мы видѣли, не сохранилась правильная фигура десятины. Такимъ-же образомъ получится десятина $glpq$.

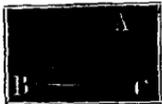
2) Если какая-нибудь крайняя десятина $mnopqs$ получилась со входящимъ угломъ nor , то должно уничтожить этотъ уголъ, потому-что весьма неудобно пахать землю въ закоулкѣ, обгибающемъ десятину $adoc$. Проведя прямую nr , получимъ треугольникъ nor ; прибавивъ его площадь къ многоугольнику $mnopqs$, увеличимъ крайнюю десятину, и уменьшимъ десятину $adoc$, а потому должно отъ первой отнять площадь $mnv = \text{пл. } nor$, и ко второй прибавить площадь $npx = \text{пл. } nor$; тогда получатся: $vnpqs$ вмѣсто первой и $adpnx$ вмѣсто второй.

3) При означеніи десятицъ на бумагѣ должно соображаться съ мѣстностью; если требуется нарѣзать десятины на покатосяхъ, то должно ихъ расположить такъ, чтобы наибольшая ихъ сторона была приблизительно перпендикулярна къ линіи наибольшаго паденія покатося, потому-что легче пахать вдоль ската, нежели подыматься попеременно вверхъ и спускаться внизъ.

4) Если на мѣстности должно нарѣзать десятины, а не горизонтальныя ихъ проекціи, то поступаютъ слѣдующимъ образомъ: пусть

составляютъ полныя десятины; отъ этого могутъ произойти замѣшательства, въ особенности, когда этихъ остатковъ много, или когда они находятся въ значительномъ удаленіи одинъ отъ другаго, и площади ихъ невелики. По этой причинѣ поступаютъ слѣдующимъ образомъ: вычисливъ по плану площади $\mathcal{D} = 547\frac{1}{2}$ квад. саж. и $\gamma = 885$ кв. саж., узнаемъ, что къ суммѣ надлежитъ прибавить площадь въ $967\frac{1}{2}$ кв. саж. для полученія цѣлой десятины, ибо $547\frac{1}{2} + 885 + 967\frac{1}{2} = 2400$ кв. саж.; слѣдовательно

фиг. 466.



бокъ (фиг. 466) десятины долженъ пролегать на покато-
сти, коей уголъ наклоненія измѣренъ эклиметромъ
(§ 67), и равенъ 15° ; на мѣстности откладываютъ не
длину $BC = 60$ саж., но $AB = \frac{60 \cdot 10}{9,66}$, гдѣ число 9,66

соотвѣтствуетъ углу въ 15° (см. таблицу на 27 стр.). Если бокъ де-
сятины, равный 40 саж., долженъ находиться на покато-
сти, коей уголъ наклоненія равенъ 10° , то на мѣстности откладываютъ
 $\frac{40 \cdot 10}{9,85} = 40,6$ саж. = 40 саж. 4 фут., гдѣ число 9,85 соотвѣт-

ствуетъ углу въ 10° . Такимъ-же образомъ опредѣляются истинныя
длины прочихъ сторонъ. По означеніи десятины на бумагѣ, присту-
паютъ къ ихъ нарѣзкѣ на мѣстности; положимъ, что съемщикъ ра-
ботаетъ эккеромъ. Изъ точки А (фиг. 464) на землѣ возставляютъ
перпендикуляръ Ag къ прямой AB ; по направленію этого перпенди-
куляра отмѣриваютъ части $Ah, hl\dots$, равныя 30 сажениамъ; отъ А до d
откладываютъ $Av = vb = bx = xd = 80$ саж. При этомъ измѣреніи
цѣпью должно соблюдать правила, изложенныя въ (§ 32), чтобы
получить горизонтальныя проекціи каждой площади. Черезъ точки
 b и d должно провести межники между кварталами, и чрезъ v и x меж-
ники, шириною въ 1 аршинъ; слѣдов. прямая Ad должна равняться
320 саж. + 3 саж. + 2 арш. Изъ точекъ v, b, x, d возставляютъ пер-
пендикуляры и отмѣриваютъ на нихъ части, равныя 30 сажениамъ,
оставляя межники, шириною въ 1 аршинъ. Для нарѣзки десятины
 $bkgd$ (фиг. 465) отмѣриваютъ отъ b до l полученную по масштабу дли-
ну bl , и отъ k до g длину kg ; направленіе и длина lg опредѣляются
точками l и g ; такимъ-же образомъ строятъ четырехугольникъ $lgqr$.

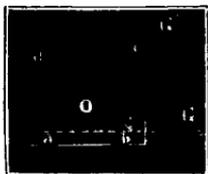
Для нарѣзки десятины $adpnx$ отложимъ отъ a до x длину ax , и
опредѣлимъ точку e ; возставивъ перпендикуляръ en , и отложивъ
его длину, получимъ точку n ; отмѣривъ длину dp , получится точ-
ка p . (*).

§ 207. Сельскому хозяйну весьма часто представляется надобность
вычислить количество земли какого-нибудь участка для раздѣла меж-

(*) Въ 3-мъ номерѣ 1-го тома за 1831 годъ трудовъ Императорскаго вольнаго эконо-
мическаго общества изложенъ «простой способъ разбиванія пахатныхъ полей на
десятины».

ду крестьянами, или осушить болота, или предохранить пашни от наводнения при разлитии рѣки и т. д. Подобные вопросы можетъ рѣшать сельскій хозяйствъ легкими способами съ помощію простыхъ инструментовъ, и даже при ограниченныхъ познаніяхъ въ математикѣ (*). Простѣйшій изъ всѣхъ инструментовъ есть эккеръ, устройство, повѣрка и употребленіе котораго съ достаточною подробностью изложены въ § 47; даже самому съемщику легко устроить этотъ инструментъ. Для этого стѣитъ только на хорошо выструганной доскѣ начертить, сколь возможно точнѣе, квадратъ $abcd$ (фиг. 467); воткнувъ

фиг. 467.



въ точкахъ a, b, c, d шпеньки изъ проволоки, въ перпендикулярномъ положеніи къ поверхности доски (положеніе шпенокъ можно повѣрять посредствомъ наугольника ABC (фиг. 468), въ которомъ ребра AB и BC взаимно-перпендикулярны), получатъ двѣ взаимно-перпендикулярныя линіи визированія ac и bd (§28),

ф. 468.



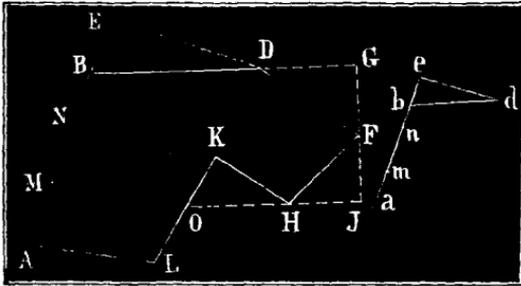
ибо въ квадратѣ діагонали ac и bd перпендикулярны между собою; каждая діагональ, какъ ac , раздѣляетъ углы bad и bcd , чрезъ вершины которыхъ она проведена, на двѣ равныя части; слѣдовательно $\angle bac = \angle dac = \angle bca = \angle dca = 45^\circ$. И такъ если направимъ лучъ зрѣнія чрезъ шпеньки a и b на предметъ G , и по продолженію луча ac поставимъ колъ G' , то получимъ уголъ $GaG' = 45^\circ$. Въ нижней поверхности доски выдалбливаютъ цилиндрическое отверстіе въ точкѣ O пересѣченія діагоналей ac и bd ; этимъ отверстіемъ насаживается доска на колъ, имѣющій желѣзный наконечникъ. Колъ долженъ быть перпендикуляренъ къ поверхности доски. Эккеръ преимущественно употребляется для вѣшенія перпендикулярныхъ и параллельныхъ линій (§§ 50, 51). Въ § 89 изложена съемка контуровъ и отдѣльныхъ участковъ посредствомъ эккера; для бѣльшей ясности рассмотримъ и здѣсь производство съемки контура и нанесеніе его на бумагу.

§ 208. *Требуется снять контуръ, данный на мѣстности, внутренность котораго недоступна.*

Означивъ всѣ вершины контура кольями $A, B, D, F \dots$ (фиг. 469),

(*) Конечно нѣтъ возможности производить какую-либо съемку, не зная первоначальныхъ основаній геометріи, потому-что всякая съемка есть ничто иное, какъ практическое приложеніе геометрическихъ началъ.

Фиг. 469.



измѣряютъ цѣпью линію АВ; на особой бумажкѣ проводятъ прямую ab , соответствующую прямой АВ (примемъ навсегда, что точки, означенныя большими буквами, находятся на мѣстности, и что соответствующія имъ на бумагѣ

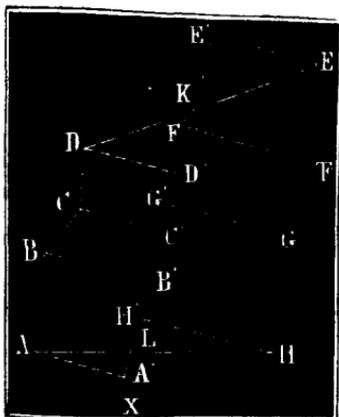
гѣ подписаны малыми буквами). Измѣривъ разстояніе отъ А до точки М, гдѣ кривая $AMNB$ пересѣкаетъ прямую АВ, отмѣчаютъ на бумажкѣ на глазъ точку m , и приписываютъ число сажень, находящихся между А и М. Дойдя до точки N, должно опять отмѣтить на бумажкѣ число сажень и точку n ; такимъ-же образомъ отмѣчаютъ и точку b ; тогда слѣдовательно получится вся длина АВ и точки А, М, N, В контура. Продолживъ прямую АВ, опускаютъ изъ точки D перпендикуляръ DE (§ 50) на АЕ, и измѣряютъ цѣпью прямыя ВЕ и ED; полученное число сажень записываютъ на бумажкѣ. Потомъ продолжаютъ ВD или DE; въ нашемъ случаѣ выгоднѣе и точнѣе взять продолженіе прямой ВD, потому-что перпендикуляръ, опущенный изъ F на ВD, будетъ длиннѣе перпендикуляра, опущеннаго изъ той-же точки на продолженіе прямой DE (положеніе вершинъ опредѣлится на бумагѣ тѣмъ точнѣе, чѣмъ ближе каждый прямоугольный треугольникъ BDE, DFG подходитъ къ равнобедренному, т. е. когда разность между катетами EB и ED будетъ не слишкомъ велика). Опустивъ изъ F на DG перпендикуляръ FG, измѣряютъ линіи DG и FG; на бумажкѣ отмѣчаютъ направленіе этихъ линій и число полученныхъ сажень. Изъ точки H опускаютъ на JF перпендикуляръ HJ, и измѣривъ длины JF и HJ, отмѣчаютъ на бумажкѣ ихъ направленіе и число сажень. Потомъ, продолживъ HJ до точки O пересѣченія, начерчиваютъ на бумажкѣ на глазъ треугольникъ OKH, записываютъ длины его сторонъ, и части OL. Наконецъ измѣряютъ линію AL, только для того, чтобы возможно было повѣрить произведенную работу.

§ 209. Для нанесенія контура на бумагу, должно сначала построить сотенный масштаб (§ 54), принимая, для примѣра, въ дюймѣ 25 сажень (посредствомъ такого масштаба возможно наносить линіи,

длина которыхъ не менѣе $0,25 = \frac{1}{4}$ саж.). Проведя прямую ab такъ, чтобы вся фигура могла помѣститься на бумагѣ (это узнается по черновому чертежу, составленному въ полѣ), откладываютъ по масштабу длины am, mn, nb, be , записанныя на черновомъ чертежѣ. Изъ точки e возставляютъ перпендикуляръ ed и откладываютъ на немъ по масштабу его длину. Проведя прямую bd , получится другой бокъ bd контура; такимъ-же образомъ наносятся стороны df и fh . Продолживъ прямую ih , берутъ циркулемъ по масштабу длину hk и, поставивъ одну ножку его въ точкѣ h , описываютъ другою ножкою дугу въ ту сторону, гдѣ должна находиться точка k ; по масштабу откладываютъ длину hn . Изъ точки n описываютъ радиусомъ, равнымъ по масштабу длинѣ nk , дугу такъ, чтобы она пересѣкала первую дугу; точкою пересѣченія обѣихъ дугъ означится точка k ; на продолженіи прямой kn откладываютъ по масштабу длину nl . Проведя прямую al , получится послѣдній бокъ контура. Опредѣливъ по масштабу длину al , сравниваютъ ее съ длиною AL , полученною измѣреніемъ. Если разность между al и AL менѣе $\frac{1}{2}$ сажени, то безъ чувствительной погрѣшности можно принимать al за истинную длину AL . Въ случаѣ большей погрѣшности должно начать работу снова. Для избѣжанія грубыхъ ошибокъ, полезно опредѣлить сначала точки B, D, F и, возвратясь опять къ точкѣ A , опредѣлить точки L, K, H ; прямая HF измѣряется для повѣрки работы. Въ такомъ-же порядкѣ наносятся стороны на бумагу. Кривую линію $AMNB$ срисовываетъ съемщикъ на глазъ.

§ 210. Вычислить поверхностное содержаніе фигуры, данной на мѣстности.

ч. фиг. 470.



Если внутренность фигуры доступна, то работа можетъ быть произведена въ полѣ слѣдующимъ образомъ: означивъ вершины контура кольями A, B, C, D, \dots (фиг. 470), провѣшиваютъ прямую XE' ; изъ всѣхъ вершинъ A, B, C, \dots опускаютъ на XE' перпендикуляры AA', HH', BB', \dots ; измѣривъ цѣпью длины этихъ перпендикуляровъ и разстоянія $A'H', H'B', B'C', \dots$ между ихъ подошвами, легко найти площадь данного многоугольника; ибо площадь $ABCD, \dots =$

площ. $A'ABB' + B'BCC' + C'CDD' + D'DK + E'EFF' + F'FGG' + G'GHH' + H'HL - A'AL - E'EK$. Многоугольник $ABCD\dots$ состоитъ изъ треугольниковъ и трапецій, площади которыхъ получатся по известнымъ величинамъ:

$AA' = 27$ с; $EE' = 18$ с; $A'L = 8$ с; $C'G' = 3$ с;
 $BB' = 34$ с; $FF' = 25$ с; $LH' = 9$ с; $G'D' = 18$ с;
 $CC' = 24$ с; $GG' = 17$ с; $H'B' = 10$ с; $D'F' = 14$ с;
 $DD' = 31$ с; $HH' = 36$ с; $B'C' = 26$ с; $F'K = 12$ с; $KE' = 13$ с;
 именно:

$$A'ABB' = (27 + 34) \cdot \frac{27}{2} = 823\frac{1}{4} \text{ кв. саж.}$$

$$B'BCC' = (34 + 24) \cdot \frac{26}{2} = 754 \text{ — —}$$

$$C'CDD' = (24 + 31) \cdot \frac{21}{2} = 577\frac{1}{2} \text{ — —}$$

$$D'DK = 31 \cdot \frac{26}{2} = 403 \text{ — —}$$

$$E'EFF' = (18 + 25) \cdot \frac{25}{2} = 537\frac{1}{2} \text{ — —}$$

$$F'FGG' = (25 + 17) \cdot \frac{32}{2} = 672 \text{ — —}; A'AL = 8 \cdot \frac{27}{2} = 108 \text{ к. с.}$$

$$G'GHH' = (17 + 36) \cdot \frac{39}{2} = 1033\frac{1}{2} \text{ — —}; E'EK = 13 \cdot \frac{18}{2} = 117 \text{ — —}$$

сумма 225 — —

$$H'HL = 9 \cdot \frac{36}{2} = 162$$

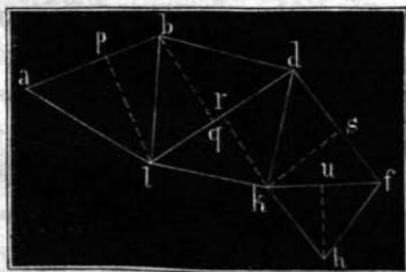
сумма 4963 квад. саж.

Для получения искомой площади должно изъ суммы 4963 вычесть 225; тогда будетъ 4738 кв. саж. = 1 десят. 2338 кв. саж. Главное затрудненіе, встрѣчаемое при рѣшеніи подобнаго вопроса, состоитъ въ удачномъ выборѣ прямой XE' ; невыгодное положеніе этой линіи (когда число образовавшихся фигуръ, лежащихъ по одну сторону этой прямой, гораздо болѣе числа фигуръ лежащихъ по другую ея сторону, или когда крайніе треугольники ALA' , $H'HL'$, $E'EK\dots$ получаютъ съ весьма острыми углами) имѣетъ вліяніе на точность результатовъ. Для устраненія погрѣшностей, могущихъ произойти отъ

выбора прямой XE' , должно со вниманіемъ обозрѣвать вычисляемый участокъ и, если возможно, набросить на бумагу контуръ его на глазъ; тогда на черновомъ рисункѣ легко избрать выгоднѣйшее положеніе прямой XE' , и по ней опредѣлить ея направленіе на мѣстности.

Если при вычисленіи площади получаютъ въ результатахъ доли, меньшія $\frac{1}{4}$ сажени, то безъ большой погрѣшности можно ихъ отбросить. При измѣреніи-же линій, служащихъ къ вычисленію площадей, не должно пренебрегать футами; такъ на примѣръ, если вычисляемая фигура прямоугольникъ, въ которомъ высота менѣе основанія, то необходимо измѣрить высоту со всею точностью. Положимъ, что основаніе прямоугольника 105 саж. 3 фута, и высота 32 саж. $2\frac{1}{2}$ фута; тогда площадь равна 3411 кв. саж. 18 кв. фут. Отбросивъ футы, получимъ площадь, равную $105.32 = 3360$ кв. саж.; слѣдовательно разность между обоими результатами весьма значительна, т. е. равна 51 кв. саж. 18 кв. фут.

§ 211. Для вычисленія площади фигуры, внутренность которой недоступна, наносятъ сначала контуръ ея на бумагу (§ 209). Проведя прямыя bl , dl , dk , kf (фиг. 471), получатся треугольники abl , bld , dlk , dkf и fkh . Опустивъ изъ точки l



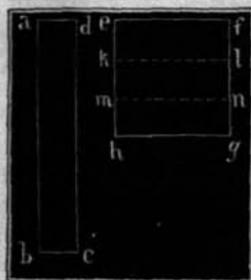
перпендикуляръ lp на ab , и опредѣливъ по масштабу его длину, получимъ площадь $abl = ab \cdot \frac{lp}{2}$ (длина ab известна); изъ b опустимъ перпендикуляръ bq на dl , и опредѣлимъ длины bq и dl по масштабу; тогда площадь

$bdd = dl \cdot \frac{bq}{2}$. Такимъ-же образомъ получатся площади $dkt = dk \cdot \frac{rk}{2}$,

$dkf = dk \cdot \frac{ks}{2}$ и $kfh = kf \cdot \frac{hu}{2}$. Сумма вычисленныхъ площадей составитъ требуемую площадь $abd/fhkl$. Перпендикуляры lp , bq ... должно опустить изъ такихъ вершинъ, чтобы эти линіи не пришлись внѣ треугольниковъ.

§ 212. Часто случается, что о величинѣ площади фигуры судятъ по величинѣ ея контура. Фигуры $abcd$ и $efgh$ (ф. 472) суть два участ-

Фиг. 472.



ка, въ которыхъ сумма сторонъ $ef + fg + gh + he$ менѣе суммы $ab + bc + cd + ad$: кромѣ того $ab = ef + gh$, $ef = fg = \frac{1}{2} ab$ и $gh + eh = cd$; слѣдовательно $(ab + bc + cd + da) - (ef + fg + gh + he) = ad + bc$. Сдѣлавъ $ek = km = ad$, и проведя прямыя kl , mn параллельно къ ef , получимъ площадь $eflk$, равную площади $klmn$; но площадь $eflk = \frac{1}{2}$ площади $abcd$, потому что $ef = \frac{1}{2} ab$, и $ek = ad$; слѣдовательно площадь $eflk +$ площадь $klmn =$ площ. $efnm =$ площ. $abcd$; наконецъ получимъ площ. $efgh =$ площ. $abcd =$ площ. mng . Для примѣра положимъ, что $ef = fg = gh = 156$ саженьямъ, $ab = cd = 312$ саж. и $ad = bc = 48$ саж.; тогда $ef + fg + gh + eh = 624$ саж. и $ab + bc + cd + ad = 720$ саж., но площ. $abcd = 312 \cdot 48 = 14976$ кв. саж. и площ. $efgh = 24336$ кв. саж.

§ 213. Данный на земль участокъ раздѣлить на нѣсколько равныхъ частей (Фиг. 473).

Прямоугольникъ ABCD представляетъ участокъ одинакаго качества земли; пусть основаніе $AB = 212$ саженьямъ и высота $BC = 96$ саж.; тогда площадь $ABCD = 8$ дес. 1152 кв. саж. Не нанеся фигуру на бумагу, можно ее раздѣлить на требуемое число частей параллельными прямыми къ сторонѣ BC.

Фиг. 473.



Если участокъ долженъ быть раздѣленъ на 8 равныхъ частей, то на каждую придется по 2544 кв. саж. Раздѣливъ $AB = 212$ саж. на 8, получимъ $26\frac{1}{2}$ саж., т. е. ширину каждой части. Отмѣривъ на AB части $AE = EF = FG \dots = 26\frac{1}{2}$ саж., и на DC части $DN = NK = KL \dots = 26\frac{1}{2}$ саж., получимъ равные прямоугольники AEND, EFKN... При этомъ способѣ дѣленія фигуры, можетъ случиться, что одна какая-либо часть FG измѣрена неточно; тогда слѣдовательно послѣдняя часть MB будетъ или болѣе или менѣе $26\frac{1}{2}$ саж. Чтобы послѣднюю часть MB получить по возможности вѣрнѣе, откладываютъ $26\frac{1}{2}$ саж. отъ A до E, $26\frac{1}{2} + 26\frac{1}{2} = 53$ саж. отъ A до F, $26\frac{1}{2} + 26\frac{1}{2} + 26\frac{1}{2} = 79\frac{1}{2}$ саж. отъ A до G и т. д. Если данный участокъ (фигура 474) $ABCD = 20$ дес. 1872 кв. саж. долженъ быть раздѣленъ на 6

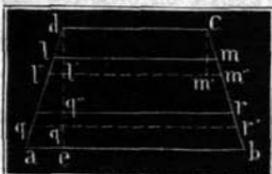
фиг. 474.



частей такъ, чтобы первая равнялась 4 дес. 684 кв. саж., вторая 3 десят. 2000 кв. саж., третья 3 десят., четвертая 2 десят. 988 кв. саж., пятая 2 десят. 1800 кв. саж. и шестая $4\frac{1}{2}$ десят., то, при основаніи $AB = 259\frac{5}{4}$ саж. и высотѣ $BC = 192$ саж., получимъ часть AE , раздѣливъ площадь 4 десят. 684 кв. саж. $= 10284$ кв. саж. на высоту $BC = 192$ саж.; тогда $AE = 53\frac{1}{2}$ саж.; раздѣливъ площадь 3 дес. 2000 кв. саж. $= 9200$ кв. саж. на 192, получимъ часть $EF = 47$ саж. $6\frac{1}{2}$ фут. Такимъ-же образомъ опредѣлятся части $FG, GH...$

Если данныйъ участокъ представляетъ трапецію (фиг. 475), то долж-

фиг. 475.

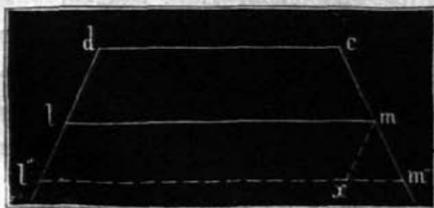


жно сначала нанести его контуръ на бумагу, руководствуясь способомъ, изложеннымъ въ § 209. Площадь полученной на бумагѣ фигуры опредѣлится, если полусумму $\frac{1}{2}(ab + cd)$ помножимъ на высоту de ; при $ab = 162$ саж., $cd = 96$ саж. и $de = 84$ кв. саж. будетъ площадь $abcd = 10836$ кв. саж. $= 4$ дес. 1236 кв. саж. Положимъ, что

участокъ требуется раздѣлить на четыре части такъ, чтобы первая равнялась 828 кв. саж., вторая 1236 кв. саж., третья 1 дес. 2088 кв. саж. и четвертая 1 дес., 1884 саж. Для полученія линіи раздѣла положимъ на время, что трапеція $abcd$ прямоугольникъ, и что каждая часть раздѣляемаго участка также изобразится прямоугольникомъ. Раздѣливъ площадь 828 кв. саж. на длину $cd = 96$ саж., получимъ высоту искомаго прямоугольника, равную почти 8 саж. $4\frac{1}{2}$ фут. Эта высота $dl' = 8$ саж. $4\frac{1}{2}$ фут. соотвѣтствуетъ также прямоугольнику, имѣющему основаніе $l''m''$ и площадь котораго получится, умноживъ $l''m''$ на dl' ; тогда получимъ 847 кв. саж., т. е. площадь, большую первой части. Опредѣливъ по масштабу длину $l''m'' = 98$ саж., должно взять полусумму $\frac{1}{2}(cd + l''m'') = 97$ саж. $=$ линіи искомой линіи раздѣла.

На бумагѣ получится она слѣдующимъ образомъ: отложивъ

фиг. 476.

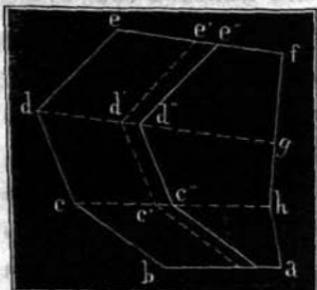


(фиг. 476) по масштабу $l''x = 97$ саж., проволать xm параллельно къ dl'' , и чрезъ точку m прямую lm'' параллельно къ $l''m''$. Для полученія высоты трапеціи $cdlm$, должно площадь 828 кв. саж. раздѣлить на

$\frac{1}{2} (cd + lm) = \frac{193}{2}$; тогда получимъ $dg = 8$ саж. 4 фута. Чтобы получить вторую часть, поступаютъ такимъ-же образомъ, т. е. раздѣляютъ площадь 1236 кв. саж. на $lm = 97$ саж.; тогда получаютъ 12 с. 5 ф. Отложивъ $l'q' = 12$ с. 5 ф., и проведя прямую $q'r'$ параллельно къ lm , получимъ прямоугольникъ $= 1236$ кв. саж.; длина qr' равна по масштабу 99 саж.; площадь 1236 кв. саж. раздѣляютъ на полусумму $\frac{1}{2} (lm + qr') = 98$ саж.; тогда по известной длинѣ линіи раздѣла qr' получимъ высоту трапеціи, равную 12 с. 4 ф.

§ 214. *Неправильную фигуру ABCDEF... (Ф. 477) требуется раздѣлить на три части прямыми, параллельными къ сторонамъ BC, CD, DE.*

Фиг. 477.

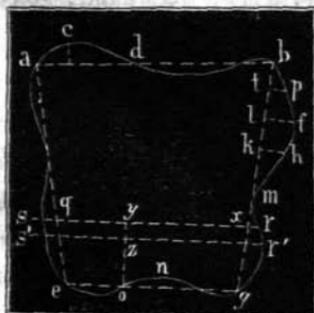


Нанеся контуръ на бумагу и вычисливъ площадь полученнаго многоугольничка $abcd...$, проводить прямыя gd и hc . Положимъ, что площадь $abcd...$ равна 1896 кв. саж.; первая часть должна равняться 360, вторая 780 и третья 756 кв. саж. Взявъ сумму $bc + cd + de = 15 + 22 + 11 = 48$ саж., раздѣлимъ 360 на 48; полученное частное $7\frac{1}{2}$ отложимъ отъ e до e'' , отъ d до $d''...$ и проведемъ ломаную линію $e''d''c''...$, которая по масштабу равна 52 саж. Раздѣливъ площадь 360 кв. саж. на полусумму $\frac{1}{2} (edcb + e''d''c''...) = 50$ саж., получимъ 7 с. 1 ф.; отложивъ эту длину отъ c до c' , отъ d до d' и отъ e до e' , получимъ линію $e'd'c'...$ раздѣла. Такимъ-же образомъ получатся и вторая линія раздѣла.

Отъ участка $abge...$ (Фиг. 478), *ограниченнаго кривыми линіями, должно отрѣзать известную часть.*

Означивъ на мѣстности точки a, b, g, e колыями, для получения прямолинейной фигуры, стороны которой близко подходят къ кривымъ, наносятъ четырехугольникъ $abge$ на бумагу по предъидущему.

Фиг. 478.

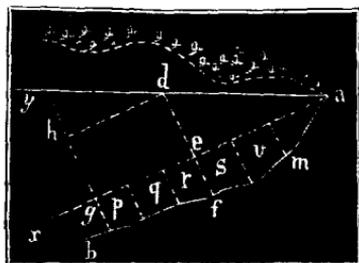


Для нанесенія кривыхъ, опустимъ перпендикуляры изъ точекъ $c, p, f, h...$ на стороны $ab, bg...$ Измѣривъ длину этихъ перпендикуляровъ и разстоянія ихъ подошвъ отъ вершинъ $a, b, g, e...$, наносятъ ихъ на бумагу. На бумагѣ вычисляютъ площадь четырехугольничка

abge по предыдущему. Части, заключающіяся между кривыми, принимаютъ за треугольники и трапеціи; слѣдов. площадь $mh\{b\}lk \equiv$ пл. mhh + пл. $fhkl$ + пл. $flpt$ + Приложивъ къ фигурѣ *abge* части, ограниченныя кривыми, и вычтя площадь *ong*, получимъ площадь всего участка; пусть она равна 1764 кв. саж. Отъ этой площади должно отдѣлить часть въ 276 кв. саж., прилежащую къ прямой *eg* = 23 саж. Раздѣливъ 276 на 23, получимъ длину 12 саж., которую отложимъ по перпендикуляру къ прямой *eg* отъ *o* до *y*; проведя прямую *qx*, получимъ трапецію $edqx \equiv 276$ кв. саж.; но при этомъ не обращено вниманіе на криволинейныя части, слѣдов. площадь $eongrs \equiv 276$ кв. саж. = 72 кв. саж. Раздѣливъ 72 на $sr \equiv 28$ саж., получимъ 2 саж. 4 ф.; отложимъ эту длину отъ *y* до *z* и проведемъ прямую *s'r'* параллельно къ *sr*; тогда площадь $eongr's'$ безъ большой погрѣшности равна 276 саж. Для провѣщиванія линій раздѣла на мѣстности, стѣить только отъ извѣстныхъ точекъ контура отмѣрить части ee' , cc' (фиг. 477) по провѣшаннымъ линіямъ *ef*, *ch*...

Наръзати на мѣстности четыреугольникъ, площадь котораго равна 5 десят. 24 кв. саж. такъ, чтобы съ одной стороны онъ былъ ограниченъ ровомъ ab (фиг. 479).

Наносятъ на бумагу ровъ *ab*, руководствуясь изложенными способами (§ 89), и, взмѣривъ на мѣстности возставленные перпендикуляры и разстоянія между ихъ подошвами, вычисляютъ площади *p*, *q*, *r*... по предыдущему.

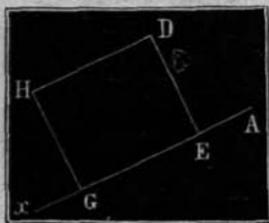


Влѣво отъ *A* на мѣстности тянется лѣсъ, который не желаютъ вырубить для предпринимаемой работы; чтобы возможно было провести сторону

нарѣзываемой фигуры внѣ лѣса, полезно, начиная отъ точки *A*, снять его контуръ и начертить на бумагѣ. Если одна изъ сторонъ, по какимъ-либо причинамъ, непременно должна пройти чрезъ точку *A*, то необходимо на бумагѣ провести прямую *ay* такъ, чтобы она находилась между контуромъ лѣса и ровомъ *ab*. Избравъ произвольную точку *d* на прямой *ay*, опускаютъ перпендикуляръ *de* на *ax* и, вычисливъ площадь треугольника *ade*, прибавятъ ее къ суммѣ площадей $p + q + r + s + v + \dots$; тогда узнаемъ какой величины четырехугольникъ должно прижкнуть къ треугольнику *ade*. Положивъ, что площадь $ade +$

пл. $aefm + efbg = 2$ дес. 720 кв. саж., и что $de = 156$ саж., узнаемъ, что 5 дес. 24 кв. саж. — 2 дес. 720 кв. саж. = 6504 кв. саж.; слѣдоват. къ площади треугольника ade прибавимъ площадь прямоугольника, равную 6504 кв. саж.; раздѣлимъ

Фиг. 480.



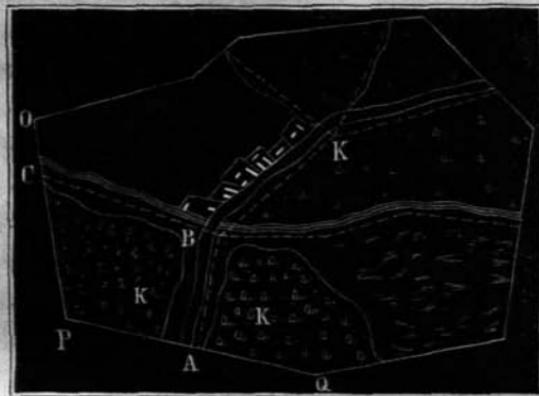
6504 кв. саж. на $de = 156$ саж.; тогда получимъ основаніе $eg = 41$ с. 5 ф. Отмѣривъ на мѣстности по прямой AX (Фиг. 480) длины AG и AE , возсталяютъ изъ точекъ E и G перпендикуляры, и откладываютъ длины $DE = HG = 156$ саж.; означивъ точки A, E, G, H, D коль-

ями, получится на мѣстности требуемая фигура.

§ 215. На составленный межевой планъ нанести всѣ подробности мѣстности.

Скопировавъ съ межеваго плана границы владѣнія (фигура 481)

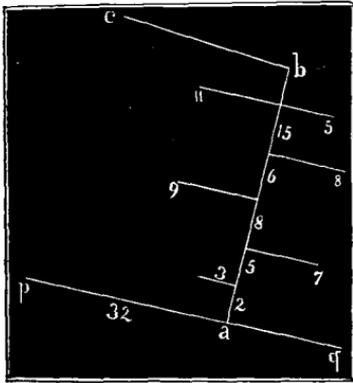
Фиг. 481.



въ требуемомъ масштабѣ (§ 124), означаютъ на мѣстности кольями вершины контуровъ, и также точки пересѣченія контуровъ, какъ на примѣръ точку A пересѣченія дороги съ межею, точку C , гдѣ рѣчка пересѣкаетъ межу OP , точку K пересѣченія двухъ дорогъ и т. д.

Начинаютъ работу въ какой-нибудь точкѣ A , положеніе которой легко опредѣлить на планѣ, ибо стоитъ только цѣпью измѣрить разстояніе PA ; возставивъ изъ A перпендикуляръ AB въ недалекомъ разстояніи отъ главной дороги, опускаютъ на AB перпендикуляры изъ точекъ контура лѣса K , лежащаго по обѣ стороны дороги; измѣряютъ длины перпендикуляровъ и разстоянія между ихъ подошвами; полученные длины отмѣчаютъ на особой бумагѣ слѣдующимъ образомъ: проведя прямая pq и ab (Фиг. 482), возсталяютъ на глазъ перпендикуляры къ прямой ab , и записываютъ при нихъ полученные длины и измѣренныя разстоянія между

фиг. 482.



ихъ подошвами. Также отмѣчаютъ на бумагѣ разстоянія прямой АВ до точекъ пересѣченія дорогъ съ перпендикулярами. Дойдя до точки В, съемщикъ наноситъ на планъ по масштабу всѣ записанныя длины; чрезъ что получатся точки контуровъ; самые контуры срисовываютъ съ натуры на глазъ.

Чрезъ точку В (фиг. 481) провѣшиваютъ прямую ВС въ близкомъ разстояніи отъ рѣчки; на черповомъ чертежѣ (фиг.

482) проводятъ прямую bc , и возставляютъ къ ней на глазъ перпендикуляры, при которыхъ записываютъ по предъидущему полученное число сажень. Опредѣливъ точки рѣчки и контуръ лѣса К, должно опять нанести всѣ полученные длины на планъ. Но такъ какъ на планѣ извѣстно положеніе одной только точки В прямой ВС, то необходимо измѣрить разстояніе ОС (ф. 481), и отложить его длину на планѣ; тогда слѣдовательно возможно провести прямую bc , и относительно этой линіи нанести контуры лѣса и рѣчки. Такимъ-же образомъ опредѣляютъ контуры, прилежащія къ другимъ межамъ дачи; нанеся эти контуры на планъ, должно опредѣлить всѣ подробности, лежащія внутри дачи. Если не имѣется готоваго межеваго плана, то производство съемки будетъ сопряжено съ большими затрудненіями, въ особенности, когда мѣстность покрыта лѣсомъ, кустарникомъ и т. п., препятствующими провѣшивать линіи достаточной длины; при такихъ обстоятельствахъ нельзя ожидать отъ съемки достаточной точности. Если-же мѣстность открытая, почти ровная, и дача занимаетъ незначительное пространство, то съемка можетъ быть произведена по способамъ, изложеннымъ въ § 89.

Если съемщикъ приобрѣлъ навыкъ обращаться съ буссолью, то работа можетъ быть произведена съ болѣею точностью; при этомъ должно руководствоваться изложеннымъ въ § 94.

ОТДѢЛЪ V.

ЛѢСНАЯ СЪЕМКА.

§ 216. Лѣсная съемка имѣеть цѣлю изображать на планѣ все предметы, имѣющіе вліяніе на хозяйственное устройство лѣса; къ этимъ предметамъ должно отнести: границы лѣсной дачи, дороги, рѣчки, ручьи, озера, пруды, болота, овраги, хребты и вершины горъ. На лѣсныхъ планахъ должно также изображать виѣшнія угоды лѣсной дачи, какъ-то: луга, поля, пашни, сады, усадьбы и т. п. Особенное вниманіе должно быть обращено на *поляны* и мѣста, требующія искусственнаго обработыванія, т. е. находящіяся въ такомъ разстояніи отъ ближайшихъ деревьевъ, что послѣдніе не могутъ засѣять эти мѣста. На лѣсныхъ планахъ должны быть выражены:

1) *Порода льсовъ*. Точность, съ которою должны быть означены на планѣ пространства, покрытыя одною и тою-же породою лѣса, зависитъ отъ частной цѣли съемки. Вообще означаютъ на планѣ пространства, покрытыя одною и той-же породою, которыя не менѣе одной десятины. Если насажденіе смѣшанное, то на планѣ не означаютъ породы, а только состояніе и количество лѣса.

2) *Возрастъ льса*. Поверхностное содержаніе пространствъ, покрытыхъ лѣсомъ различнаго возраста, записываютъ въ особомъ журналѣ; различный возрастъ одного и того-же насажденія выражаютъ на планѣ различными оттѣнками краски. Каждое насажденіе раздѣляютъ на классы по его возрасту.

Отъ величины пространства, занимаемаго лѣсомъ, зависятъ способы производства съемки. Такъ какъ лѣсная съемка производится всегда на мѣстности закрытой, то повѣрка каждой точки относительно другихъ нанесенныхъ точекъ (§ 106) всегда сопряжена съ большими затрудненіями, и иногда даже вовсе невозможна. Очевидно, что мѣст-

ность, представляющая сплошной лѣсъ, не можетъ быть покрыта треангуляціею; въ противномъ случаѣ встрѣчалась-бы надобность часто дѣлать просѣки. Составленію сѣти предпочитается съемка по бокамъ контура (§ 103); при этомъ дороги, пролегающія въ лѣсу, могутъ служить повѣркою отдѣльныхъ частей контура.

§ 217. Лѣсная съемка производится мензулою, астролябіею и буссолюю. По легкости къ переноскѣ, и удобности графическаго нанесенія точекъ мѣстности, мензула предпочитается другимъ инструментамъ; ее преимущественно употребляютъ въ слѣдующихъ случаяхъ: 1) когда лѣсная дача пересѣчена лугами, полями, рѣками, раздѣляющими ее на нѣсколько отдѣльныхъ частей, и 2) когда на мѣстности пробиты просѣки, раздѣляющія дачу на кварталы (§ 218), и требуется нанести на планъ подробности.

Для съемки сплошной и обширной лѣсной дачи, мензула не можетъ быть употреблена, ибо въ такомъ случаѣ должно наносить точки мѣстности по способу измѣренія боковъ контура. При этомъ способѣ съемки, мензула не приноситъ желаемой пользы, потому-что установка ея во всѣхъ вершинахъ контура, и приведеніе доски въ горизонтальное положеніе весьма замедляютъ работу; кромѣ того всегда происходятъ ошибки, потому-что произведенная работа можетъ быть повѣрена въ томъ только случаѣ, когда въ каждой точкѣ стоянія инструмента видны двѣ напередъ уже нанесенныя вершины контура; притомъ точность дѣйствія также зависитъ отъ вѣрнаго измѣренія горизонтальныхъ проекцій линій; слѣдовательно положеніе каждой вершины контура зависитъ отъ точности опредѣленія нѣсколькихъ предшествовавшихъ точекъ и линій. Такъ какъ при съемкѣ мѣстности, покрытой лѣсомъ, положеніе точекъ въ рѣдкихъ случаяхъ можетъ быть опредѣлено засѣчками, а способъ измѣренія по бокамъ контура съ помощію мензулы неудобенъ и почти всегда неточенъ, то для съемки сплошной лѣсной дачи, мензула не можетъ быть употреблена. Буссоль, какъ инструментъ, дающій углы съ приближенною точностью отъ 30' до 30', можетъ быть употреблена только при съемкѣ незначительныхъ контуровъ. Наиболѣе соотвѣтствуетъ астролябія всѣмъ требованіямъ лѣсной съемки, когда употребленіе мензулы невозможно.

§ 218. Если большая часть пространства дачи покрыта лѣсомъ, или назначается къ разведенію лѣса, то дача называется *лѣсною*. По-

ложимъ, что требуется снять обпирную сплошную дачу; въ такомъ случаѣ начинаютъ дѣйствіе опредѣленіемъ границъ дачи съ помощію астролябіи, руководствуясь правилами, изложенными въ § 183. По составленіи граничнаго плана, приступаютъ къ раздѣленію лѣса на отдѣленія, служащія къ правильному распредѣленію рубки лѣса; эти отдѣленія называются *дьянками* или *кварталами*. Раздѣленіе лѣса на кварталы начинаютъ провѣшиваніемъ параллельныхъ просѣкъ по направленію отъ SW къ NO, въ разстояніи 250 саж. одна отъ другой; эти просѣки, называемыя *хозяйственными* или *полосами*, дѣлаются шириною въ 6 саж. и имѣютъ цѣлю защищать лѣсъ отъ вѣтровъ. Перпендикулярно къ хозяйственнымъ просѣкамъ, проводятъ параллельныя между собою просѣки, шириною въ 2 саж. и въ разстояніи 160 саж. одну отъ другой; тогда образуются на мѣстности четыреугольники, заключенные между двумя смежными хозяйственными и поперечными просѣками; каждый изъ этихъ четырехугольниковъ, называемыхъ *періодными отдѣленіями*, содержитъ по $16\frac{2}{3}$ десятинъ; каждое періодное отдѣленіе назначается къ рубкѣ по истеченіи извѣстнаго времени. Впрочемъ величина періоднаго отдѣленія зависитъ отъ величины годовыхъ лѣсосѣкъ.

Изложенный способъ раздѣленія лѣса на кварталы принятъ въ Саксоніи; его-же употребляютъ у насъ въ Россіи, но съ слѣдующими измѣненіями:

1) Просѣки защищающія лѣсъ отъ вѣтроваловъ, должны быть проложены отъ востока къ западу, а просѣки, предохраняющія его отъ распространенія пожара, направляютъ отъ сѣвера къ югу.

2) Кварталамъ даютъ по возможности видъ квадратовъ равныхъ площадей; крайніе кварталы не должны быть слишкомъ малы.

3) При раздѣленіи лѣса на кварталы должно воспользоваться проложенными уже просѣками, или дорогами, имѣющими требуемое направленіе.

4) Дороги должно провести преимущественно по просѣкамъ.

5) Просѣки, назначаемыя для свозки срубленнаго лѣса, должны имѣть направленіе, соответствующее ихъ назначенію.

6) Лѣсныя дачи, содержащія менѣе 200 десятинъ, не раздѣляютъ на кварталы, если наибольшее ихъ измѣреніе менѣе 750 сажень; въ противномъ случаѣ дѣлятъ ихъ одною просѣкою по возможности на двѣ равныя части.

7) Дачи отъ 200 до 500 десятинъ, и коихъ ширина не менѣе половины ихъ длины, раздѣляютъ на кварталы двумя взаимно-перпендикулярными просѣками; при болѣе-же длинѣ дачи раздѣляютъ ее на нѣсколько неравныхъ между собою кварталовъ, соблюдая однако, чтобы площадь каждаго была не менѣе 50 десятинъ.

8) Дачи, содержащія отъ 500 до 2000 десятинъ, и коихъ ширина не болѣе версты, раздѣляютъ на кварталы попережными параллельными между собою просѣками; если дача имѣетъ округленную фигуру, то кварталы дѣлятся квадратными, соблюдая, чтобы ихъ площади равнялись квадратной верстѣ; кварталы дѣлятся также въ видѣ ромбовъ, стороны которыхъ должны быть длиною въ одну версту, и острые ихъ углы не менѣе 60° ; иногда даютъ кварталамъ видъ прямоугольниковъ или параллелограмовъ, дѣлая ихъ основаніе отъ 400 до 600, и высоту отъ 300 до 400 сажень. Вообще соблюдаютъ, чтобы площади внутреннихъ кварталовъ были не болѣе 120, а крайнихъ не менѣе 20 десятинъ.

9) Дачи отъ 2000 до 5000 десятинъ раздѣляютъ на кварталы двухъ или трехъ различныхъ видовъ, когда дача имѣетъ неправильную фигуру, или когда свозка срубленнаго лѣса производится по различнымъ направленіямъ, или когда внутри дачи находятся полосы насаженій, отличающіяся отъ прочихъ.

10) Дачи, заключающія 5000 десятинъ, раздѣляютъ на участки, которые снимаются и раздѣляются отдѣльно на кварталы.

Стороны кварталовъ направляютъ отъ востока къ западу и отъ сѣвера къ югу; но въ слѣдующихъ случаяхъ можно отклоняться отъ упомянутыхъ направленій:

1) Дачу, лежащую при рѣкѣ, раздѣляютъ на кварталы такъ, чтобы одна система ихъ сторонъ была перпендикулярна къ рѣкѣ; другая-же система сторонъ зависитъ отъ фигуры кварталовъ.

2) Если чрезъ лѣсную дачу проведена большая дорога, то располагаютъ кварталы такимъ образомъ, чтобы ихъ діагонали были къ ней параллельны; если-же дорога пролегаетъ по просѣкѣ, то одна система сторонъ кварталовъ должна быть къ ней параллельна, а другая соответствовать фигурѣ кварталовъ.

3) Стороны кварталовъ не должны быть проведены по линіямъ наибольшаго паденія, если крутизна покатости отъ 10° до 25° ; ста-

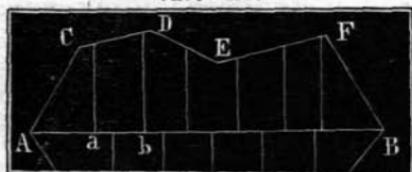
раются, чтобы діагонали кварталовъ пролегали по линіямъ наибольшаго ската.

4) Если линіи наибольшаго паденія сходятся или расходятся, то даютъ кварталамъ различныя фигуры и величины.

5) Если лѣсъ находится на глинистой почвѣ или на сыпучихъ пескахъ, то кварталы располагаютъ такимъ образомъ, чтобы діагонали имѣли положеніе по направленію главнаго вѣтра.

Чтобы возможно было на мѣстности прокладывать просѣки, должно сначала на планѣ построить кварталы, заключающіе требуемое число десятинъ и имѣющіе фигуры сообразно мѣстности; такъ на

фиг. 483.

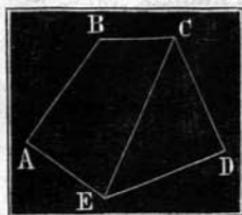


фиг. 483) представляетъ границы лѣсной дачи; проведя хозяйственную просѣку АВ, вычисляютъ площадь АСDEFВ. По этой найденной величинѣ и извѣстной площади каждаго квартала, опредѣлится число дѣлянокъ; наконецъ откладываютъ по масштабу части Аа, аb... такъ, чтобы каждый образовавшійся четырехугольникъ содержалъ требуемое число десятинъ (§ 218). До нанесенія сторонъ кварталовъ на землю, провѣшиваютъ сперва просѣку АВ и измѣряютъ ее; пусть ея длина равна a саженимъ; на бумагѣ-же длина ея получилась по масштабу, равною b саженимъ; тогда для отложенія длины Аа на землѣ, имѣемъ $Aa : x = b : a$, откуда получится длина стороны x на мѣстности, соотвѣтствующей сторонѣ Аа на бумагѣ. Чтобы возможно было слѣзать общее соображеніе относительно раздѣленія дачи на кварталы, должно, при опредѣленіи границъ, обозрѣвать мѣстность, и на планѣ означать приблизительно направленіе хребтовъ горъ, долины, обнаженныя пространства, болота и т. п.

§ 219. Просѣки прокладываютъ на мѣстности слѣдующими способами :

1) Если контуръ АВС... (фиг. 484), представляетъ границы лѣсной дачи, нанесенныя на планѣ, то направленіе просѣки между каки-

фиг. 484.



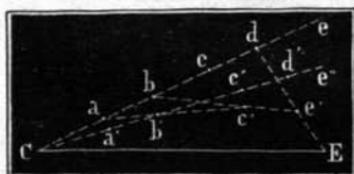
ми нибудь точками С и Е можно опредѣлить по данному плану слѣдующимъ образомъ : проведя на бумагѣ прямую СЕ, измѣряютъ углы ВСЕ и DCE транспортиромъ или съ помощію таблицы тангенсовъ (§ 61).

Потомъ ставятъ астролябію въ точкѣ С на мѣстности, направляютъ неподвижные діоптры на точку В или D, и устанавливаютъ алидаду такъ, чтобы показателъ верньера указалъ градусную величину угла ВСЕ или DCE. Закрѣпивъ алидаду, прорубаютъ просѣку по направленію колимаціонной плоскости подвижныхъ діоптровъ. При употребленіи мензулы, устанавливаютъ ее отвѣсно надъ точкою С и, приведя доску въ горизонтальное положеніе, ориентируютъ ее по прямымъ ВС и CD; приставивъ край алидадной линейки къ прямой СЕ, прорубаютъ просѣку по направленію колимаціонной плоскости діоптровъ или зрительной трубы.

По неточному измѣренію угловъ ВСЕ и DCE на бумагѣ, невозможно съ точностью опредѣлить на мѣстности направленіе просѣки; погрѣшность будетъ тѣмъ болѣе, чѣмъ длиннѣе просѣка; точность положенія ея зависитъ также отъ болѣе или менѣе точнаго означенія границъ на планѣ.

2) Между точками С и Е (фиг. 485) разставляютъ рядъ колевъ *a, b, c...* по направленію, опредѣленному приблизительно по звуку, издаваемому въ одной изъ оконечныхъ точекъ ; колья ставятъ такимъ образомъ, чтобы изъ-за каждаго можно было видѣть два впереди стоящіе. Рѣдко случается, чтобы послѣдній колъ *e* пришелся въ точку Е.

фиг. 485.



Помощникъ, стоящій въ Е, замѣтивъ, что колъ *e* не находится на линіи dE, переводитъ колъ *e* въ *e'*; такимъ же образомъ переставляютъ колъ *c* въ точку *c'* линіи *be'*, колъ *b* въ *b'* линіи *ac'*, и колъ *a* въ *a'* линіи *b'C*. Тогда точки С, *a'*, *b'*... находятся на одной прямой ; визируя изъ-за кола *a'* на *b'*, переводятъ колъ *c'* въ точку *c''*, и колъ *e'* на продолженіе линіи *Ca' b'c''*.

Теперь опять повѣряютъ положеніе колевъ, начиная съ точки Е. Это дѣйствіе повторяютъ до тѣхъ, пока всѣ колья *a, b, c...* будутъ находиться на одной прямой съ точками С и Е.

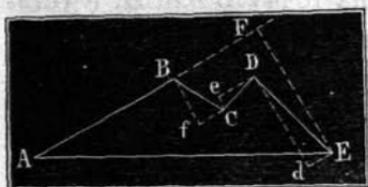
Описанный способъ имѣетъ слѣдующій недостатокъ : при длинѣ

просѣки, бѣльшей версты, дѣйствіе затруднительно и иногда даже невозможно.

3) См. § 167.

4) При нанесеніи границъ лѣсной дачи опредѣляютъ длины АВ, ВС, CD... (фигура 486), и углы АВС, ВСD...; по этимъ даннымъ возможно найти уголъ ВАЕ, составляемый межею АВ съ просѣкою

фиг. 486.



АЕ, слѣдующимъ образомъ: представимъ себѣ перпендикуляръ EF, опущенный изъ точки Е на продолженную прямую АВ, и прямыя Dd, Ce, Vf, параллельныя къ прямой EF; опустивъ изъ Е перпендикуляръ Ed на прямую Dd, перпендикуляръ eD на Ce, перпендикуляръ Cf на Vf, получимъ прямоугольные треугольники B/C, eCD, DdE; изъ этихъ треугольниковъ имѣемъ $\angle CBf = \angle ABC - 90^\circ$; $\angle eCD = \angle BCD - eCb = \angle BCD - \angle CBf$; $\angle dDE = \angle CDE - \angle CDD$, но $\angle CDD = \angle eCD$, слѣдоват. $\angle dDE = \angle CDE - \angle eCD$. Наконецъ получимъ $Vf = BC$. $\cos CBf$, $Ce = CD$. $\cos eCD$, $Dd = DE$. $\cos dDE$. По опредѣленнымъ перпендикулярамъ Vf, Ce, Dd легко найти длину прямой EF; ибо $EF = Vf - Ce + Dd$.

Изъ тѣхъ-же треугольниковъ получимъ:

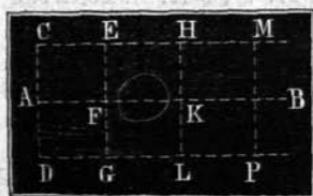
$Cf = BC \cdot \sin CBf$, $eD = CD \cdot \sin eCD$, $Ed = DE \cdot \sin dDE$. По найденнымъ прямымъ Cf, eD, dE можно опредѣлить прямую AF; ибо $AF = AB + Cf + eD + dE$.

Изъ прямоугольнаго треугольника AEF опредѣлится уголъ EAF по известнымъ катетамъ AF и FE, потому-что $\tan g EAF = \frac{FE}{AF}$.

Теперь остается только при точкѣ А на мѣстности построить уголъ EAF; тогда получится направленіе просѣки АЕ.

При проложеніи просѣки провѣшиваютъ сначала ось АВ (ф. 487) просѣки; потомъ, возставивъ перпендикуляры САD, ЕFG... такъ,

фиг. 487.



чтобы части АС, АD, ЕF... равнялись половинѣ ширины просѣки, кольями С, Е..., D, G... означаютъ линіи просѣки. Если при провѣшиваніи просѣки встрѣтится какое-нибудь препятствіе, которое можетъ быть обойдено, то возставляютъ перпендикуляры АС,

FE длиною, равною половинѣ ширины просѣки; по продолженію ли-

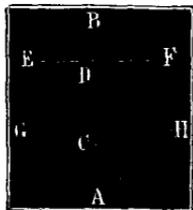
ніи СЕ ставятъ колья Н, М, и возставляютъ перпендикуляры НК, МВ къ линіи СМ; на этихъ перпендикулярахъ отмѣриваютъ половину ширины просѣки до точекъ К и В; линія КВ означитъ продолженіе оси просѣки.

Для повѣрки дѣйствія полезно опредѣлять точки К и В по перпендикулярамъ ЛК и РВ, возставленнымъ къ линіи ДР.

По раздѣленіи лѣсной дачи на кварталы, наносятъ на граничный планъ внутреннія подробности; при этомъ можно употреблять мензулу или буссоль. При нанесеніи рѣчекъ, должно замѣчать направленіе ихъ теченія, мѣста, гдѣ вода врѣзывается въ берега, и гдѣ русло расширяется, также мѣста, подверженныя наводненію. Для нанесенія на планъ отдѣльныхъ насажденій, должно ихъ отдѣлнить между собою посредствомъ просѣкъ такой ширины, чтобы возможно было визировать по ихъ направленію и измѣрять цѣпью. Въ каждой точкѣ стоянія инструмента вбивается колышекъ, который отмѣчаютъ соотвѣствующимъ ему номеромъ.

§ 220. Если лѣсная съемка должна быть произведена мензулою, то сначала избираютъ на мѣстности такія линіи, которыя могли-бы служить границами каждаго мензульнаго листа. Для этого провѣшиваютъ прямую АВ (фиг. 488), раздѣляющую данный участокъ приблизительно на двѣ равныя части. Отъ точки А измѣряютъ цѣпью линію АВ для того, чтобы получить вершины С, Д... участковъ, могущихъ помѣститься на одномъ мензульномъ листѣ. Длина частей АС, СД... зависитъ отъ числа мензульныхъ листовъ, которое опредѣляется слѣдующимъ образомъ: такъ какъ лѣсная

фиг. 488.



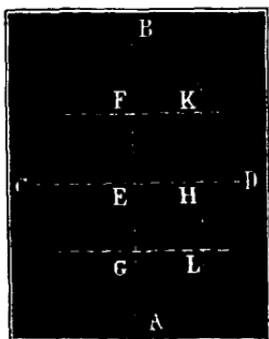
съемка производится въ масштабѣ $\frac{1}{8400}$ (100 сажень

въ дюймѣ), и длина мензульнаго листа принимается равною 20 дюймамъ, то на каждомъ листѣ помѣстится 16 квадратныхъ верстѣ. Если снимаемая дача имѣетъ m верстѣ длины и n верстѣ ширины, то число потребныхъ листовъ будетъ $\frac{m \cdot n}{16} = p$. Изъ точекъ Д, С... возста-

вляютъ перпендикуляры ЕФ, ГН...; тогда дача раздѣлится на требуемое число участковъ. Когда снимаемая дача весьма обширна, тогда провѣшиваютъ двѣ взаимно перпендикулярныя линіи АВ и СД, и отъ точки Е (фиг. 489) ихъ пересѣченія отмѣриваютъ части ЕФ, ЕГ,

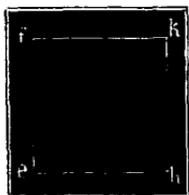
ЕН..., соответствующія длинѣ сторонъ участковъ, помѣщаемыхся на каждомъ мензульномъ листѣ, и провѣшиваютъ

фиг. 489.



черезъ точки F, G, H... прямыя, параллельныя къ главнымъ линіямъ АВ, СD. Такъ какъ нордовая линія проводится на листѣ параллельно къ двумъ противоположащимъ его краямъ, то должно провѣшить одну изъ линій АВ и СD по направлеію истиннаго или магнитнаго меридіана (§ 117). Для нанесенія участковъ ЕFKH, EGLH... (фиг. 490) на мензульные листы, поступаютъ по способу измѣренія боковъ контура (§ 103), т. е. означивъ

фиг. 490.



на бумагѣ точку *e*, соответствующую точкѣ E, проводятъ прямую *ef* параллельно краю листа; поставивъ инструментъ точкою *e* отвѣсно надъ E, и ориентировавъ мензулу по прямой *ef* на F, визируютъ черезъ *e* на H, проводятъ карандашемъ прямую *eh*, и откладываютъ по масштабу измѣренную длину EH отъ *e* до *h*. Отложивъ длину EF отъ *e* до *f*, ставятъ мензулу точкою *f* отвѣсно надъ F, ориентируютъ ее по прямой *ef* на E, и проводятъ прямую *fk*, равную по масштабу длинѣ FK. Измѣривъ прямую KH, сравниваютъ ея длину съ прямою *kh*. Если линіи KH и *kh* окажутся неравными, то должно снова производить то-же дѣйствіе. Контуръ, находящійся въ каждомъ участкѣ наносится по способу измѣренія ихъ боковъ. Въ мѣстахъ открытыхъ можно примѣнить способы нанесенія подробностей, изложенные въ § 102. Для сводки всѣхъ листовъ, составляютъ на отдѣльномъ листѣ бумаги общую сѣть всей дачи, и вносятъ опредѣленные на каждомъ мензульномъ листѣ контуры и предметы мѣстности въ уменьшенномъ масштабѣ въ соответствующіе четырехугольники. Такой брульонъ облегчаетъ составленіе плана дачи по полученнымъ на мензульныхъ листахъ изображеніямъ.

§ 221. Чтобы связать снимаемый лѣсъ съ окружающею мѣстностью, должно изъ вершинъ его контура опредѣлить засѣчками замѣчательныя точки мѣстности. Такимъ образомъ внѣ лѣса получится рядъ треугольниковъ, прилегающихъ къ самому лѣсу. Если окружающая мѣстность снимается только для полученія очертанія ея, то вѣтъ надобности, при нанесеніи ея подробностей, измѣрять разстоянія цѣпью.

По окончаніи дневной работы, произведенной мензулою, астролябією или буссолью, наносятъ всѣ опредѣленные подробности на граничный планъ; слѣдовательно всегда получается общій планъ съемки на одномъ листѣ. Этотъ планъ называется *основнымъ* или *черновымъ*; на немъ вычисляется поверхностное содержаніе отдѣльных насажденій, означаются всѣ въ послѣдствіи случившіяся измѣненія, и проводятся линіи дѣленія дачи на лѣсосѣчки. Съ основнаго плана копируются слѣдующіе :

1) *Спеціальный* или *абрисный*; на немъ вычисляется количество земли, находящейся подъ лѣсомъ, раздѣляютъ лѣсъ на кварталы, и повѣряютъ наружныя границы и границы отдѣльных лѣсонасажденій. При значительной величинѣ лѣсной дачи чертится спеціальный планъ на нѣсколькихъ листахъ, называемыхъ *секціями*.

2) *Планъ лѣсонасажденій*; онъ составляется съ тою цѣлью, чтобы имѣть общій очеркъ всего лѣса, и чтобы распредѣлять на немъ различныя насажденія; этого рода планы помѣщаютъ всегда на одномъ листѣ въ масштабѣ 200 сажень въ дюймѣ.

3) *Хозяйственный*; на немъ изображается состояніе разныхъ насажденій; онъ составляется съ тою цѣлью, чтобы лѣсническому возможно было производить правильную рубку.

На этихъ планахъ вычерчиваютъ снятые предметы мѣстности слѣдующимъ образомъ :

1) Наружныя границы дачи вычерчиваютъ черною тушью.

2) Просѣки, сообразно ихъ ширинѣ проводятъ одною или двумя чертами, и обозначаютъ ихъ соответствующими номерами.

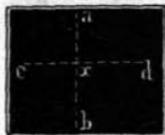
3) Луга, поля, воды, болота и дороги покрываютъ красками, принятыми для раскрашиванія военно-топографическихъ плановъ.

4) Контуры отдѣльных насажденій обводятся черными чертами, а самыя насажденія покрываются красками различной густоты, сообразно породамъ и возрастамъ лѣса. Каждая порода лѣса выражается особою краскою, а возрасты насажденія различными оттѣнками той-же краски.

§ 222. *Нанесенныя на бумагу точки и линіи отыскать на мѣстности.*

а) Если x (фиг. 481) означаетъ вѣху, которая должна быть замѣ-

Фиг. 491.



нена межевымъ столбомъ или какимъ-нибудь расте-
нiемъ, то, чтобы точка x не затерялась по вынутii
вѣхи изъ земли, протягиваютъ чрезъ x два шнура ab и
 cd , и означаютъ ихъ положенiе кольшками a, b, c, d .

Вынувъ вѣху, легко найти точку x , ибо для этого сто-
итъ только вытягивать шнуры между кольшками a, b , и c, d .

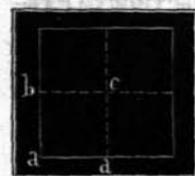
б) Если въ лѣсу заросла просѣка, то на наибольшемъ ея протяже-
нii отыскиваютъ ея ось; продолживъ ее въ обѣ стороны, отклады-
ваютъ по перпендикуляру, возставленному къ оси, части равныя
половинѣ ширины просѣки. Провѣшивъ чрезъ оконечности пер-
пендикуляра прямыя, параллельныя къ оси, получится вся про-
сѣка.

с) Мѣсто истребленнаго столба на межѣ отыскивается точно
также, какъ изложено въ § 187.

§ 223 Расположенiе древесной посадки.

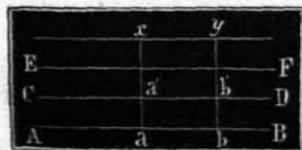
По извѣстному разстоянiю ab (Фиг. 492) между двумя рядами
деревьевъ и разстоянiю ad между деревьями, можно вычислить пло-
щадь, занимаемую каждымъ деревомъ, и число де-
ревьевъ, требуемыхъ для всей посадки; а именно по-
садку, заключающую p квад. сажень, должно раздѣ-
лить на $g = ad \cdot ab$; частное t изобразить число де-
ревьевъ. Если-же по извѣстному числу n деревьевъ
требуется найти пространство, занимаемое каждымъ,
то должно p раздѣлить на n .

Фиг. 492.



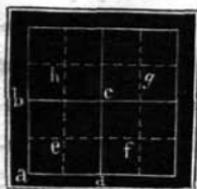
1) Чтобы пробить ряды посадки, провѣшиваютъ сначала первый
рядъ АВ (Фиг. 493); по извѣстному разстоянiю между рядами, легко
провѣшить слѣдующiе ряды CD, EF...; для
этого откладываютъ на АВ части Aa, ab...,
равныя разстоянiю между деревьями; возста-
вивъ изъ точекъ $a, b...$ перпендикуляры ax, by ,
означаютъ точки $a', x...$ b', y пересѣченiя коль-
ями.

Фиг. 493.



2) При расположенii квадратной садки помѣщаютъ деревья въ

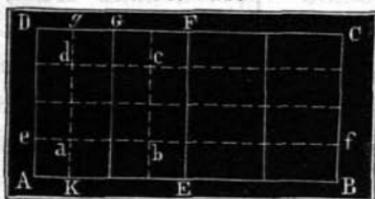
Фиг. 494.



вершинахъ квадрата $abcd$ (фиг. 494); слѣдовательно пространство, занимаемое каждымъ деревомъ, будетъ квадратъ $efgh$. Площадь квадрата $efgh$ равна квадрату разстоянія ab .

Чтобы провѣшить квадратную садку, откладываютъ отъ A до B (фиг. 495) длину AK , занимаемую известнымъ числомъ деревьевъ. Изъ точекъ A , B и изъ середины E возставляютъ перпендикуляры AD, BC, EF и откладываютъ на нихъ длины, равныя AK .

Фиг. 495.

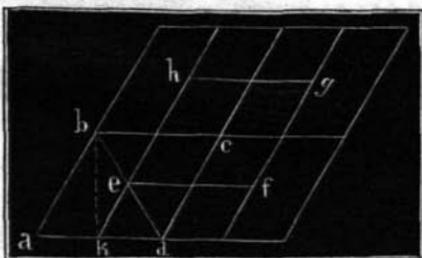


Для полученія точки a , замѣчаемъ, что она находится на пересѣченіи прямыхъ ef и gk . Точки a, b, c, d, f, k, \dots означаютъ колышками.

По составленіи этой сѣти, раздѣляютъ двѣ противоположасія стороны Ae и aK на разстояніе между деревьями. Означивъ точки дѣленія колышками, раздѣляютъ AK и ae на то-же число.

3) При расположеніи треугольной посадки, помѣщаютъ каждыя три дерева въ равныхъ между собою разстояніяхъ; слѣдовательно каждое дерево занимаетъ пространство, равное площади ромба $efgh$ (фиг. 496). Въ равностороннемъ треугольникѣ abd , высота bk перпендикулярна къ основанію ad ; слѣдовательно $bk^2 = ab^2 - \frac{1}{4} ad^2$ и $bk = \sqrt{ad^2 - \frac{1}{4} ad^2}$; при $ad = 1$ имѣемъ $bk = \sqrt{1 - \frac{1}{4}} = 0,866$; отсюда слѣдуетъ, что $ad:bk = 1:0,866$.

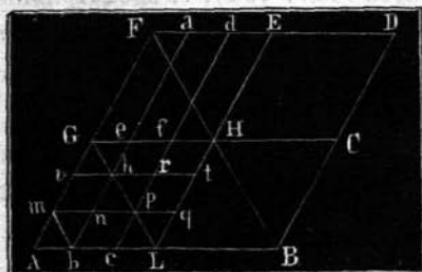
Фиг. 496.



По этому отношенію опредѣлится bk при известной сторонѣ ad . Площадь $abcd = ad \cdot bk = q$, гдѣ $bk = ad \cdot 0,866$; слѣдовательно $q = ad^2 \cdot 0,866$, т. е. для полученія площади должно квадратъ разстоянія между деревьями умножить на дробь 0,866. Чтобы опредѣлить число деревьевъ, помѣщаемыхъ на площади p , когда известно разстояніе m между деревьями, должно площадь p раздѣлить на $0,866 \cdot m^2$.

Для разбивки треугольной посадки, раздѣляютъ передній рядъ на известное число разстояній между деревьями, и на прямой AL (ф. 497)

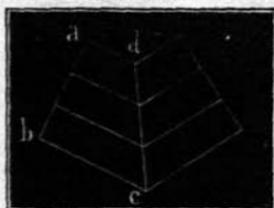
Фиг. 497.



на прямой LH треугольник BLH и т. д. Для получения внутренних точек, замѣчаютъ точки *n, p, h...* пересѣченія прямыхъ *eb, cf...* съ прямыми *tq, vl...* Точки внутри четырехугольниковъ *Abnt, bcrp...* опредѣляютъ по предыдущему. Треугольники *ALG, LGH...* строятъ съ помощію угломернаго инструмента.

4) При расположеніи садки по расходящимъ линіямъ (Фиг. 498), помѣщаютъ деревья на взаимно-пересѣкающихся радіусахъ и равноотстоящихъ одинъ отъ другаго; слѣдовательно деревья находятся въ точкахъ пресѣченія радіусовъ съ окружностями,

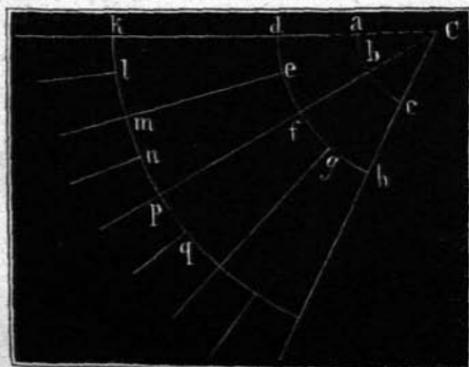
Фиг. 498



описываемыми изъ общаго центра. Образующие четырехугольники, заключающіеся между двумя радіусами и дугами двухъ окружностей, принимаютъ за трапеціи. Въ этихъ трапеціяхъ высоты равны, но основанія неравны. Разстояніе *bc* крайняго ряда вдвое болѣе *ad* внутренняго ряда. Средняя величина площади, занимаемой деревомъ, опредѣлится, если рядъ трапецій *abcd* раздѣлить на разстояніе деревьевъ, расположенныхъ на *ab*.

Изъ центра *C* (Фиг. 499) описываютъ окружность и раздѣляютъ ее на равныя части *ab, bc...* Потомъ описываютъ радіусомъ, равнымъ $2Ca$ еще окружность, и продолжаютъ *Ca, Cb, Cc* до точекъ *d, f, h...* Измѣривъ хорды *df, fh...*, раздѣляютъ ихъ въ точкахъ *e, g...* по-поламъ; тогда получится $de = ab$. Далѣе слѣдовало бы описать окружность радіусомъ $2Cd = Ck$, но по значи-

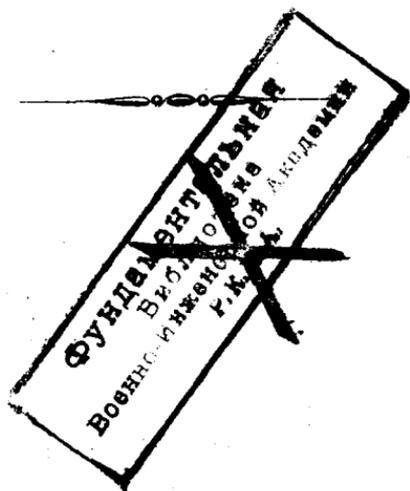
Фиг. 499.



т. е. радиусомъ, равнымъ $2Ca$ еще окружность, и продолжаютъ *Ca, Cb, Cc* до точекъ *d, f, h...* Измѣривъ хорды *df, fh...*, раздѣляютъ ихъ въ точкахъ *e, g...* по-поламъ; тогда получится $de = ab$. Далѣе слѣдовало бы описать окружность радіусомъ $2Cd = Ck$, но по значи-

тельной его длинѣ, это дѣйствіе не можетъ быть совершено, а потому продолжаютъ всѣ радіусы и дѣлаютъ ихъ равными $dk = Cd$; тогда получатся точки k, t, p и разстоянія $kt = tp = \dots 2ab$. Точки, взятые на срединѣ этихъ разстояній, послужатъ началомъ новыхъ радіусовъ.

Очевидно, что $ab : df = Ca : Cd$; при $df = 2ab$ имѣемъ $Cd = 2Ca$; также $de : kt = Cd : Ck$, и при $kt = 2de$ будетъ $Ck = 2Cd$ и $kd = dC$.



ОПЕЧАТКИ.

Стр.	Строки.	Напечатано :	должно быть :
8	3	сверху напряжение	напряжение
10	1	снизу последовательно	последовательно
13	12	снизу $m - 1 \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r'} \right)$	$(m - 1) \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r'} \right)$
15	6	сверху АВО	АОВ
27	3	сверху получилъ	получимъ
27	11	снизу (фиг. 42)	(фиг. 46)
47		надъ нижнимъ чертежемъ	фиг. 93.
57		надъ чертежемъ	фиг. 105.
64	4	снизу по ошибкѣ выставленъ § 68.	
74	13	снизу отраженіе	отраженный
88	1	снизу ось oo'	ось OO'
89	8	сверху точка С	точка с
90	9	сверху q, S, S' суть	q, S суть
92	14	снизу число n	число n'
96	8	сверху соответствующей	соответствующей
97	3	сверху стороны AC'	стороны AC
104	4 и 5	сверху $180^\circ - (\alpha - \gamma)$ и $180^\circ - (\beta - \varphi)$	$180^\circ - (\alpha + \gamma)$ и $180^\circ - (\beta + \varphi)$
120	3	сверху сръпленія	закръпленія
136	3	снизу выпущенъ § 107.	
154	15	сверху АВР	АВр
231	13	сверху координатамъ ея точекъ	координатамъ его точекъ
243	2	снизу принимается	принимаются
266	15	снизу x_1, x_2, x_3	x_1, x_2, x_3
278	13	сверху равнымъ JJ'	равнымъ JN .