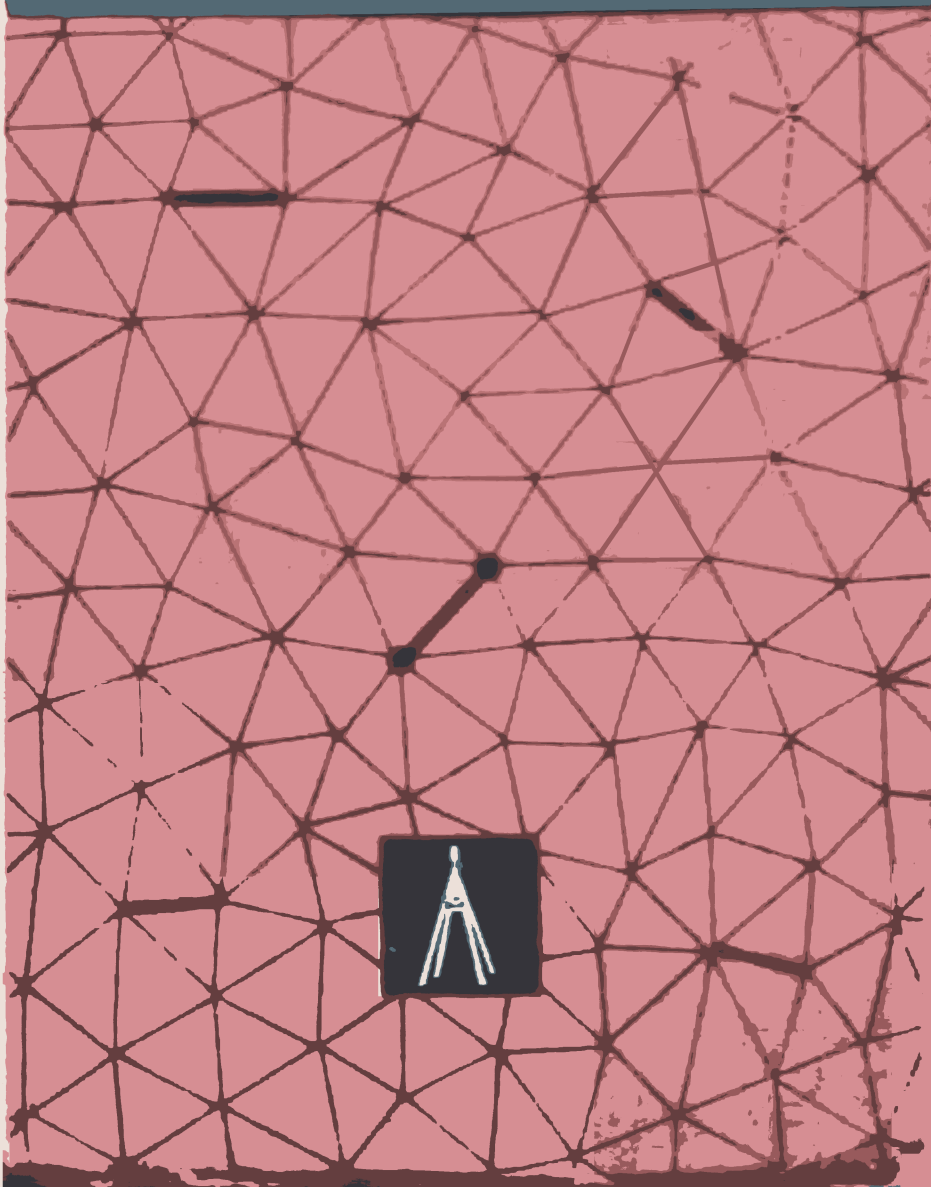
З. С. Голубева, О. В. Калюшина, Н. И. Соколова

ПРАКТИКУМ ПО ГЕОДЕЗИИ



УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ ДЛЯ ВЫСШИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

З. С. ГОЛУБЕВА, О. В. КАЛОШИНА, Н. И. СОКОЛОВА

ПРАКТИКУМ ПО ГЕОДЕЗИИ

ИЗДАНИЕ ТРЕТЬЕ, ПЕРЕРАБОТАННОЕ

Допущено Главным управлением высшего и среднего сельскохозяйственного образования Министерства сельского хозяйства СССР в качестве учебного пособия для агрономических специальностей сельскохозяйственных вузов

ИЗДАТЕЛЬСТВО «КОЛОС»
Москва — 1969

УДК 528(076.5)

От авторов

«Практикум по геодезии» рекомендуется как учебное пособие по курсу «Геодезия» для агрономических специальностей сельскохозяйственных вузов очного и заочного обучения и имеет целью ознакомить студентов с устройством геодезических инструментов и приборов, с их поверками и производством измерений, с камеральной обработкой полевых материалов и их графическим оформлением в виде планов и профилей.

В настоящее, третье издание пособия внесены значительные изменения и дополнения. В частности, переработаны главы I, II, V, VI и XI. К главам I и XI даны новые примеры и упражнения. Написана новая глава «Разбивка плодового сада». Уточнены некоторые формулировки. В книге 20 таблиц и 135 рисунков.

Глава I, IV, V, X, XI и § 32 гл. VI написаны З. С. Голубевой, главы II, VI, VIII и § 3 гл. I—О. В. Калошиной, главы III, IX, XII, XIII — Н. И. Соколовой. Глава VII написана О. В. Калошиной и Н. И. Соколовой совместно.

Авторы выражают глубокую благодарность профессору Е. Б. Величко и доценту И. Ю. Левицкому за замечания, сделанные при подготовке настоящего издания.

Отзывы и предложения по книге просим направлять по адресу: Москва, К-31, ул. Дзержинского, д. 1/19, издательство «Колос».

Голубева З. С. и др.

ПРАКТИКУМ ПО ГЕОДЕЗИИ. Изд. 3-е, перераб. М., «Колос», 1969. 240 с. с илл. (Учебники и учеб. пособия для высш. с.-х. учеб. заведений). Перед загл. авт.: З. С. Голубева, О. В. Калошина, Н. И. Соколова.

УДК 528(076.5)

Редактор Ю. Г. Челышкин
Художественный редактор В. П. Зубрилина
Технический редактор В. А. Зорина
Корректоры: Э. П. Павлова и А. А. Якимова

Сдано в набор 6/II 1969 г. Подписано к печати 20/V 1969 г. Т 07446. Формат 84×108 1/32. Бумага тип. № 3. Печ. л. 7,5 (12,6). Уч.-изд. л. 12,09. Изд. № 33. Т. п. 1969 г. № 327. Тираж 23 000 экз. Заказ № 5230. Цена 52 коп.

Издательство «Колос», Москва, К-31, ул. Дзержинского, д. 1/19.

Типография им. Смирнова Смоленского облуправления по печати, г. Смоленск, ул. Гагарина, 2.

Раздел первый

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

Глава I
МАСШТАБЫ, УСЛОВНЫЕ ЗНАКИ, ЭКЕР И ЭКЛИМЕТР

§ 1. Упражнения с масштабом

Планы и карты представляют собой чертежи, на которых местность изображена в определенном уменьшении. Степень уменьшения длин линий на планах и картах по отношению к горизонтальным проекциям этих линий на местности называется масштабом.

Масштабы могут быть выражены численно или графически.

Численный масштаб выражается дробью, числитель которой равен единице, а знаменатель показывает, во сколько раз уменьшены горизонтальные проекции линий местности при переносе их на план.

Численный масштаб можно записать в виде дроби или отношения. Например, численный масштаб $\frac{1}{1000}$, или 1:1000, показывает, что все горизонтальные проложения линий местности при переносе их на план уменьшены в 1000 раз, то есть отрезок в 1 см на плане соответствует линии в 1000 см (10 м) на местности.

При составлении планов обычно применяют масштабы 1:1000; 1:2000; 1:5000; 1:10 000.

Чем меньше знаменатель численного масштаба, тем крупнее масштаб. Так, масштаб 1:1000 крупнее масштаба 1:10 000 в 10 раз.

Зная численный масштаб плана, можно решить задачи такого вида:

1. Длина линии на местности равна 247,56 м. Определить размер отрезка на плане в масштабе 1 : 5000, соответствующего этой линии на местности. Для решения задачи надо длину линии на местности выразить в сантиметрах и разделить на знаменатель масштаба:

$$\frac{247{,}56 \times 100}{5000} = 4{,}95 \text{ см.}$$

2. На плане, составленном в масштабе 1:10 000, измерен отрезок 3,15 см, представляющий собой сторону поля. Определить длину этой линии на местности. Для решения задачи нужно длину отрезка на плане умножить на знаменатель масштаба и для перевода в метры разделить на 100:

$$\frac{3{,}15 \times 10\,000}{100} = 315 \text{ м.}$$

Графические масштабы бывают линейные и поперечные.

Линейный масштаб представляет собой горизонтальную линию, на которой отложены равные отрезки (обычно в 1 см), называемые основанием масштаба. Крайнее левое основание разделено на 10 равных частей.

Пусть требуется отложить линию длиной 285,3 м в масштабе 1:10 000. Для этого берут измерителем от нулевого деления вправо два основания (что соответствует 200 м), а затем левую иглу измерителя отводят на 8,5 малого деления влево (что соответствует 85 м).

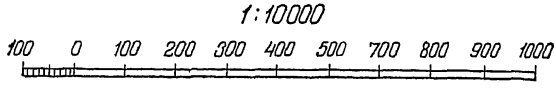


Рис. 1. Линейный масштаб.

Так как при пользовании линейным масштабом доли наименьшего деления часто приходится оценивать на глаз, то невысокая точность этого масштаба ограничивает его применение.

При нормальном зрении невооруженным глазом можно различать на бумаге расстояния, равные 0,1 мм. Поэтому пределом графической точности построения и измерения отрезков на бумаге считается 0,1 мм.

Такую точность дает поперечный масштаб (рис. 2), которым обычно пользуются при составлении планов.

Для построения поперечного масштаба на горизонтальной прямой откладывают несколько раз основание масштаба $AO = OB = BC = 2$ см. Из точек A, B, C и D проводят вертикали. На крайних вертикалях откладывают 10 равных отрезков по 2—2,5 мм, концы которых соединяют горизонтальными прямыми.

Крайнее левое основание вверху и внизу делят на 10 равных частей и точки этого деления соединяют наклонными линиями, называемыми трансверсалями.

Из рисунка 2 видно, что малое деление $ab = \frac{1}{10}$ основания AO, или 2 мм, а из подобия треугольников Oab и Ocd следует, что наименьшее деление поперечного масштаба $cd = \frac{1}{10}$ малого деления ab и $\frac{1}{100}$ основания масштаба, то есть 0,2 мм.

Так как невооруженным глазом можно различать на бумаге расстояние величиной 0,1 мм, то половину наименьшего деления, равную 0,1 мм, называют графической точностью масштаба.

Расстояние на местности, соответствующее 0,1 мм на плане (половине наименьшего деления поперечного масштаба), называют точностью данного масштаба.

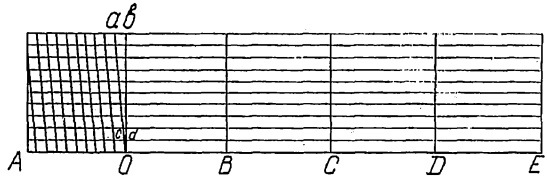


Рис. 2. Поперечный масштаб.

Точность масштаба имеет значение при установлении подробностей местности, подлежащих съемке для построения плана в данном масштабе.

Описанный поперечный масштаб, в котором наименьшее деление равно $\frac{1}{100}$ основания, называется сотенным или нормальным.

Прежде чем пользоваться поперечным масштабом, надо рассчитать его основные элементы применительно к заданному численному масштабу, то есть определить, скольким метрам на местности соответствует основание поперечного масштаба, малое деление, наименьшее деление и какова точность данного масштаба (то есть половина наименьшего деления, выраженная в метрах).

Пример 1. Отложить в масштабе 1:5000 линию местности длиной 284,67 м.

При указанном масштабе 1 см на плане соответствует 50 м на местности, а так как в основании масштаба 2 см, то одно основание соответствует 100 м, малое деление 10 м, наименьшее деление 1 м,

а точность масштаба (половина наименьшего деления, выраженная в метрах) 0,5 м. Следовательно, при откладывании линий местности в масштабе 1:5000 все размеры следует округлять до 0,5 м, а поэтому вместо 284,64 будем откладывать 284,5 м. Для этого возьмем раствором измерителя два основания (200 м), затем левую иглу отставим влево на 8 малых делений (80 м) и переместим измеритель вверх на 4,5 деления (4,5 м), при этом левая игла должна перемещаться по трансверсали, а правая по вертикали и обе иглы должны оказаться на одном уровне.

Пример 2. Отложить в масштабе 1:2000 линию 96,87 м. Рассчитываем элементы масштаба: 1 см соответствует 20 м; основание 40 м; малое деление 4 м; наименьшее деление 0,4 м (поднимаясь на одно деление вверх, будем увеличивать длину линии на 0,4 м); точность масштаба 0,2 м (при откладывании длин в этом масштабе все размеры округляют до четных десятых долей метра).

Берем измерителем два основания 40 м×2=80 м, остается 16,8. Отодвигаем левую иглу на четыре малых деления, 4 м×4=16. Остается 0,8 м. Перемещаем обе иглы вверх на два деления (0,4×2=0,8).

Таким образом получили 80+16+0,8=96,8 м.

Пример 3. Отложить в масштабе 1:10 000 линию 542,8 м.

Рассчитываем элементы масштаба: 1 см соответствует 100 м; основание 200 м; малое деление 20 м; наименьшее деление 2 м; точность 1 м. Следовательно, будем откладывать 543 м.

Берем измерителем два основания 200×2=400 м. Остается 143 м. Отодвигаем левую иглу на семь малых делений влево (20 м×7=140 м). Поднимаем обе иглы вверх на 1,5 деления (3 м).

Для приобретения навыков в пользовании поперечным масштабом рекомендуется выполнить ряд упражнений на откладывание размеров линий с помощью поперечного масштаба.

Пример 1

Масштаб	1:1000	1:2000	1:5000
Длина линии в м	32,67	98,32	245,16
	58,36	37,53	371,56
	16,24	124,18	95,87

Пример 2

Масштаб	1:500	1:1000	1:2000
Длина линии в м	36,84	67,82	92,67
	8,27	56,08	35,18
	29,54	18,47	138,62

Пример 3

Масштаб	1:2000	1:5000	1:10 000
Длина линии в м	137,56	87,13	512,63
	39,92	326,52	326,48
	78,16	208,96	98,72

Пример 4

Масштаб	1:1000	1:2000	1:5000
Длина линии в м	18,46	156,71	264,87
	62,37	39,48	92,71
	43,56	97,85	128,35

Пример 5

Масштаб	1:500	1:1000	1:2000
Длина линии в м	9,47	72,13	125,69
	38,53	19,86	78,54
	24,82	63,35	37,46

Пример 6

Масштаб	1:2000	1:5000	1:10 000
Длина линии в м	86,24	136,03	196,42
	34,47	369,83	563,18
	145,78	97,71	317,78

Пример 7

Масштаб	1:1000	1:2000	1:5000
Длина линии в м	73,87	38,18	471,86
	19,52	156,35	183,56
	48,36	93,62	316,35

Пример 8

Масштаб	1:500	1:1000	1:2000
Длина линии в м	36,87	17,84	127,32
	9,73	56,27	34,69
	24,53	63,56	98,53

Пример 9

Масштаб	1:2000	1:5000	1:10 000
Длина линии в м	76,53	156,78	524,17
	138,18	93,13	361,68
	32,47	268,54	193,82

Пример 10

Масштаб	1:1000	1:2000	1:5000
Длина линии в м	48,35	87,32	268,13
	72,13	173,62	369,62
	19,57	36,59	97,82

Пример 11

Масштаб	1:500	1:1000	1:2000
Длина линии в м	12,47	18,49	33,46
	38,62	78,64	154,17
	29,87	42,32	85,32

Пример 12

Масштаб	1:2000	1:5000	1:10 000
Длина линии в м	92,35	265,34	587,39
	39,87	154,86	369,54
	114,18	92,69	192,88

Пример 13

Масштаб	1:1000	1:2000	1:5000
Длина линии в м	68,32	93,67	94,17
	17,56	108,72	459,87
	49,74	37,53	203,59

Пример 14

Масштаб	1:500	1:1000	1:2000
Длина линии в м	27,32	17,54	97,24
	32,14	48,13	132,43
	9,63	68,32	34,59

Пример 15

Масштаб	1:2000	1:5000	1:10 000
Длина линии в м	35,27	186,54	479,56
	87,54	204,79	194,25
	132,49	93,35	369,83

Работу выполняют на листе бумаги размером 20×30 см в карандаше с последующей обводкой тушью в такой последовательности. От верхней кромки листа отступают на 6 см и прочерчивают остро отточенным карандашом очень тонко ряд горизонтальных параллельных линий с интервалом в 1 см. На этих линиях с помощью измерителя и масштабной линейки откладывают размеры, заданные в примерах.

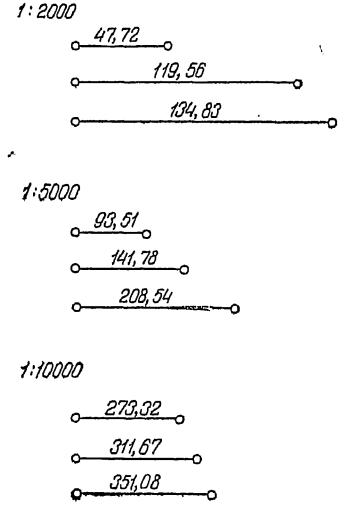


Рис. 3. Работа по откладыванию размеров линий с помощью поперечного масштаба.

Наколы, сделанные измерителем, обводят кружками диаметром 1—1,5 мм, а посредине над отрезком надписывают величину отложенной линии без округления. Чертеж оформляют рамкой 5 мм и штампом высотой 4 см и шириной 5 см. Штамп помещают в левом нижнем углу.

Все надписи делают нормальным шрифтом. При обводке тушью вначале кронциркулем вычерчивают кружки, а затем рейсфедером проводят очень тонкие линии между их центрами. При этом линии должны соединять кружки, но не заходить внутрь их (рис. 3).

§ 2. Знакомство с условными знаками

Чтобы научиться понимать содержание плана и карты, необходимо хорошо знать условные знаки, которыми изображают подробности местности, называемые ситуацией.

Условные знаки бывают контурные, внемасштабные, линейные и пояснительные.

Контурные, или масштабные, условные знаки применяют для изображения довольно крупных объектов местности, ограниченных ясно выраженными контурами, размеры которых значительно превышают точность масштаба.

Контурными условными знаками изображают сельскохозяйственные угодья (лес, луг, выгон и др.).

Внемасштабными условными знаками изображают мелкие предметы местности, которые ввиду их малых размеров нельзя показать в масштабе плана (например, геодезические пункты, мельницы, колодцы и др.).

Линейными условными знаками изображают объекты, длина которых может быть дана в масштабе, а ширина значительно меньше точности масштаба, поэтому ее на плане или карте показывают с преувеличением (автомобильные и железные дороги, телефонные и телеграфные линии и т. д.).

Пояснительные условные знаки представляют собой различные надписи и цифровые данные, которые дают возможность установить по карте число домов в населенном пункте, породу леса, размер деревьев, длину моста и пр.

Условные знаки различных объектов, с которыми наиболее часто приходится встречаться работникам сельского хозяйства, даны в приложении.

На рисунке 4 дан образец выполненного задания по условным знакам.

Некоторые указания по вычерчиванию условных знаков. При отделке планов все условные знаки вначале выполняют остро

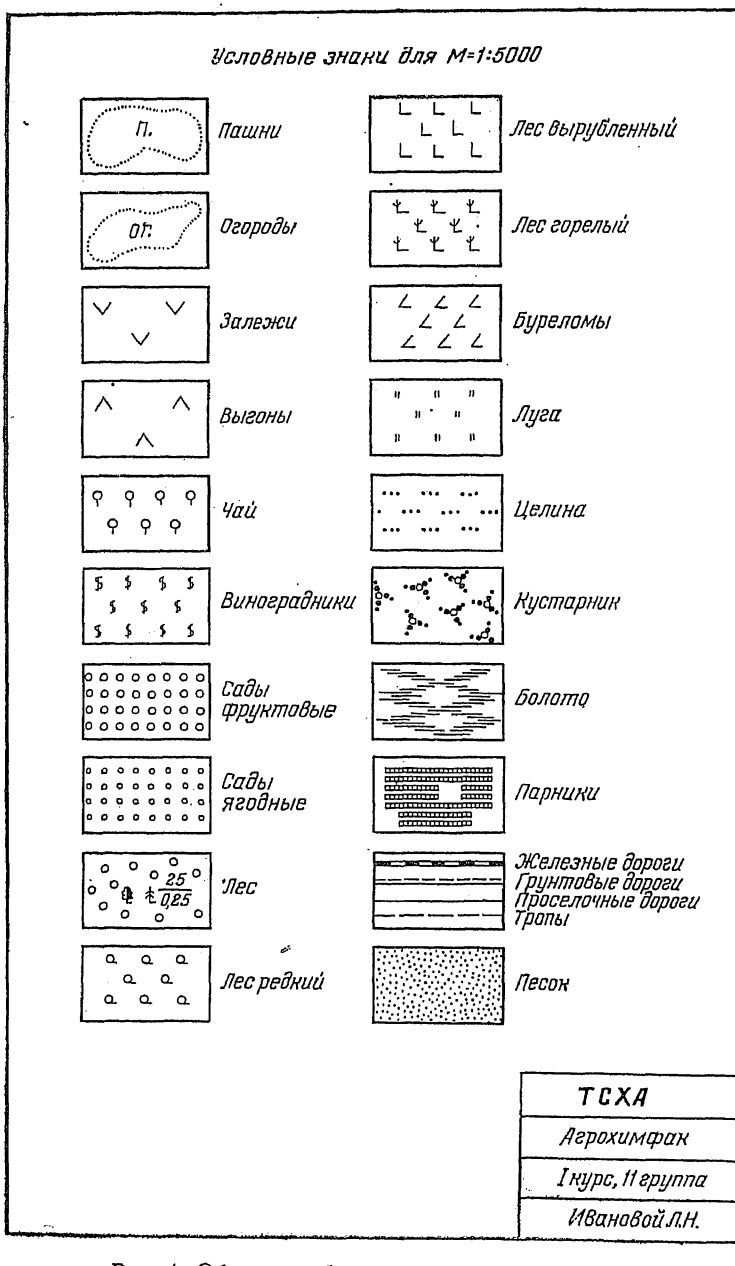


Рис. 4. Образец работы по условным знакам.

отточенным карандашом средней твердости, а затем обводят тушью.

Границы угодий обозначают точечным пунктиром черной тушью; предварительно карандашом обозначают контур угодья и на нем чертежным пером ставят точки с интервалом через 1 мм.

На планах не показывают границы угодий, если они совпадают или находятся ближе 1 мм от рек, ручьев, дорог и различных ограждений.

Условные знаки выгона, хлопчатника, риса и луга размещают в шахматном порядке по предварительно нанесенной карандашом по всей площади угодья вспомогательной сетке квадратов, состоящей из ряда горизонтальных и вертикальных линий с соблюдением размеров (см. приложение). Шаг сетки для выгона 10 мм, а для хлопчатника, риса и луга 5 мм.

Для сада разграфляют сетку с шагом в 5 мм и в углу каждого квадратика ставят кружок диаметром 1 мм.

Условные знаки в виде кружков (лес, сады, кустарник и др.) выполняют кронциркулем, а все остальные — чертежным пером.

Большинство условных знаков для планов масштаба 1:5000 и крупнее выполняется черным цветом.

Желто-зеленым цветом изображают контуры рек, прудов, озер и каналов, условные знаки родников и колодцев; площади, занятые болотом и солончаками, штрихуют.

Площади пресных водоемов окрашивают бледно-синей краской, а соленых — лиловой. Проезжую часть дорог и все проектные линии показывают красным цветом.

Горизонтали, овраги, промоины и пески изображают коричневым цветом.

При вычерчивании на планах внемасштабных условных знаков (геодезические пункты, колодцы и пр.) необходимо располагать их вертикально и следить, чтобы центры условных знаков, изображенные в виде треугольника, квадрата и круга, совмещались с наколами, указывающими положение обозначаемых пунктов и предметов на плане.

§ 3. Работа с экером и эклиметром

Экер — прибор для построения прямых углов на местности (рис. 5).

Двузеркальный экер состоит из двух пластинок, которые сходятся под углом 45°. Внутри к пластинкам прикрепляются зеркала. Над зеркалами в пластинках имеются окошечки (отверстия). Внизу прикрепляется ручка с крючком для отвеса.

Устройство и применение экера основаны на законе отражения лучей света от двух плоских зеркал. Луч света, падающий на одно зеркало, отражается от него и, попав на второе зеркало, отражается вторично. Дважды отраженный луч пересекает свое первоначальное направление под углом, в два раза большим, чем угол меж-

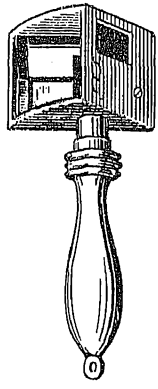


Рис. 5. Экер.

ду зеркалами. Так как угол между зеркалами составляет 45°, то угол *1—D—3* будет равен 90° (рис. 6, I).

Допустим, требуется построить прямой угол относительно линии *1—2* в точке *D*.

Для этого становятся с экером над точкой *D* так, чтобы отвес совпадал с этой точкой.

Затем экер поворачивают до получения изображения вехи *1* в зеркале *AB*, отразившегося от зеркала *AC*.

Наблюдая в окошечко над зеркалом *AB* (рис. 6, *II*), дают сигналы помощнику установить веху в точке *3* так, чтобы она была продолжением изображения вехи, видимого в зеркале *AB*. Полученный угол *1—D—3* равен 90°.

С помощью экера можно из любой точки опустить перпендикуляр на линию *1—2*. Например, из точки *C* необходимо опустить перпендикуляр *CD* на линию *1—2*.

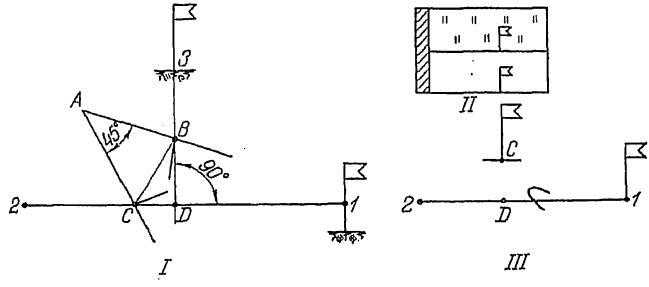


Рис. 6. Построение угла экером.

(рис. 6, *III*). Встав с экером на линию *1—2*, перемещаются по ней до тех пор, пока изображение вехи, установленной в точке *1*, видимой в зеркале *AB*, не совпадет с вехой *C*, видимой через окошко зеркала *AB*.

Эклиметр. При составлении планов на бумагу наносят горизонтальные проложения линий местности, в то время как при съемках измеряют длины линий, которые обыкновенно не являются горизонтальными.

Для вычисления горизонтальной проекции линии необходимо на местности измерить ее длину и вертикаль-

ный угол (угол наклона), составленный наклонной линией и линией горизонта. Приведение линий к горизонту делается при углах наклона свыше двух градусов.

Для измерения углов наклона можно применять простейший эклиметр, представляющий собой полукруг с градусными делениями, в центре которого прикреплен отвес (рис. 7). Такой эклиметр устанавливают на под-

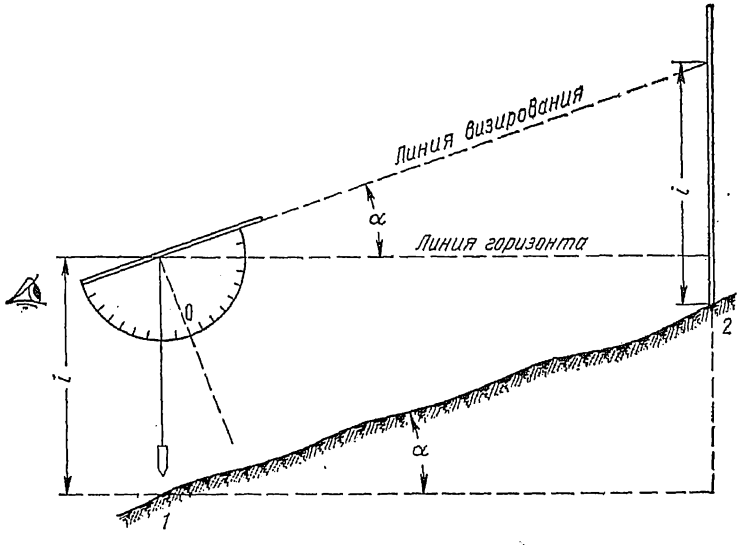


Рис. 7. Измерение угла наклона эклиметром.

ставке или держат в руке. При работе ставят его в точку *1*, а в точке *2* устанавливают веху и на ней отмечают высоту эклиметра (высота кола, а если эклиметр держат в руке — высота глаза наблюдателя).

Затем линейку эклиметра наводят на эту метку, после чего по дуге делений читают количество градусов между нулем дуги и отвесом. Отсчет будет равен углу наклона измеряемой линии.

Эклиметр Брандиса состоит из круглой металлической коробки *А*, скрепленной с трубкой прямоугольного сечения. Внутри коробки на оси вращается кольцо, на внешнем ободке которого нанесены градусные деления, идущие от 0° в обе стороны до 60° (рис. 8, *1*).

С внутренней стороны кольца припаян грузик, кото-

рый силой тяжести удерживает нулевой диаметр кольца в горизонтальном направлении.

В коробке имеется отверстие *д*, в которое через увеличительное стекло *л* читаются градусы. На коробке имеется кнопка *к*, при нажиме которой колесико внутри коробки получает свободное вращение (в нерабочем состоянии кнопка прижимает колесико к коробке).

На одном конце трубки имеется узкая щель *г* (глазной диоптр), а на другом волосок *п* (предметный диоптр).

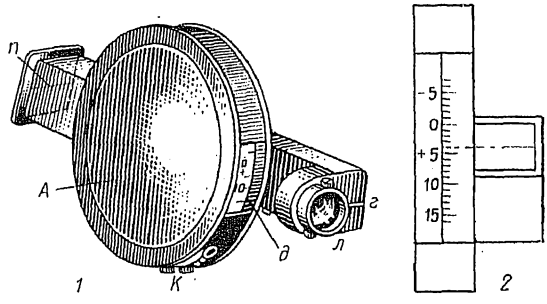


Рис. 8. Эклиметр Брандиса:
1 — общий вид; *2* — отсчеты по эклиметру.

Для измерения угла наклона линии наблюдатель с эклиметром становится в одном конце линии, а на другом конце линии ставится веха с отмеченной высотой эклиметра (высота глаза, так как эклиметр держат в руке). После этого нажимают кнопку, смотрят в щель, направляя волосок на метку вехи, и одновременно смотрят в лупу. Когда колесико успокоится, делают отсчет делений, находящихся против волоска предметного диоптра. Отсчеты берут с точностью до половины градуса. Взятый отсчет будет равен углу наклона. Если против градусных делений стоит знак плюс, это указывает на угол повышения, знак минус — на угол понижения. На рисунке 8, *2* отсчет равен 4°.

Контрольные вопросы

1. Что такое масштаб?
2. Какие бывают масштабы?
3. Что называется точностью масштаба и графической точностью?

4. Какие условные знаки называют контурными, внемасштабными, линейными и пояснительными?

5. Пользуясь таблицами условных знаков, найдите на карте пашню, лес, сад, луг, выгон, залежь.

6. Какие цвета применяются для вычерчивания условных знаков тех или иных сельскохозяйственных объектов?

7. Как построить прямой угол экером?

8. Для чего служит эклиметр и как им пользоваться?

Глава II

ОРИЕНТИРОВАНИЕ ЛИНИЙ И ПОСТРОЕНИЕ ПЛАНА ПО РУМБАМ

§ 4. Азимуты, румбы и дирекционные углы линий

Ориентированием линий называется определение направления линий относительно стран света. Для ориентирования линий служат азимуты, румбы и дирекционные углы.

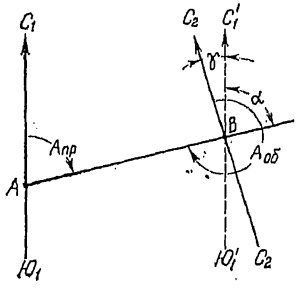


Рис. 9. Азимут. Угол сближения меридианов.

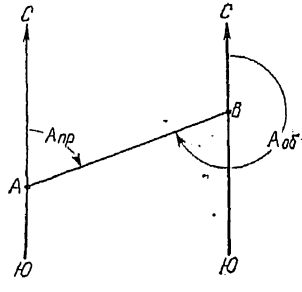


Рис. 10. Прямой и обратный азимут.

Азимутом линии в данной ее точке называется угол, отсчитываемый по ходу часовой стрелки, от северного направления меридиана, проходящего через данную точку, до направления линии.

Азимут, определенный относительно истинного (географического) меридиана, называется истинным, а относительно магнитного меридиана — магнитным. Азимут изменяется от 0 до 360°.

Для линии *A*—*B* (рис. 9) азимут линии в точке *A* (в начале линии) называется прямым, а в точке *B* (в конце линии) — обратным.

Азимут обратный отличается от прямого на 180°

плюс угол сближения меридианов γ (рис. 9), что выражается формулой:

$$A_{обр}=A_{пр}\pm180^\circ+\gamma,$$

где γ — угол сближения меридианов.

Отличие азимутов в точках A и B объясняется непараллельностью направлений меридианов в разных точках линии.

При коротких линиях угол сближения меридианов γ можно принимать равным нулю (рис. 10). Тогда азимут обратный будет отличаться от прямого на 180°:

$$A_{обр}=A_{пр}\pm180^\circ.$$

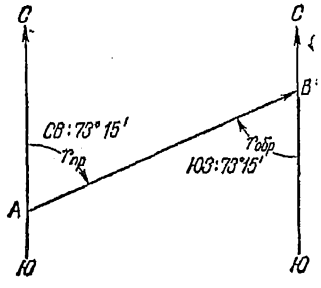


Рис. 11. Прямой и обратный румб.

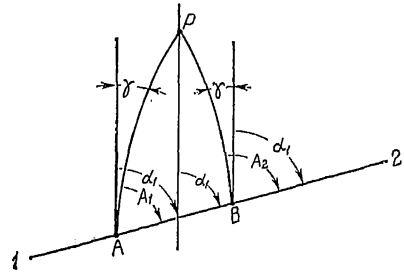


Рис. 12. Дирекционный угол.

Если азимут прямой меньше 180°, то для получения азимута обратного необходимо прибавить 180°, и наоборот, если азимут прямой больше 180°, то для получения обратного азимута вычитают 180°.

Румбом называется угол между ближайшим направлением меридиана (северным или южным) и направлением данной линии. Румбы изменяются от 0 до 90°.

Румб линии A—B (рис. 11), измеренный в начале линии (в точке A), называется прямым, румб этой же линии, измеренный в конце линии (в точке B), называется обратным.

Румб прямой по градусной величине равен румбу обратному и противоположен по названию. Например, на рисунке 11 румб прямой равен СВ : 73°15′, обратный ЮЗ : 73°15′.

Дирекционным углом называется угол, отсчитываемый от северного направления осевого меридиана

(среднего меридиана шестиградусной зоны) или от линии, ему параллельной, по ходу часовой стрелки до данной линии.

Дирекционный угол изменяется от 0 до 360°.

Пусть через точки *A* и *B* линии *1—2* проведены меридианы, сходящиеся в полюсе *P* (рис. 12). Азимут в точке *A* будет угол *PAB*, а в точке *B* угол *PB2*. Эти углы не равны между собой. Следовательно, линия *1—2* в разных точках имеет разные азимуты. Это усложняет ориентирование линий. Поэтому ориентирование линий на карте производят относительно осевого меридиана или относительно линий, параллельных осевому меридиану,— по дирекционному углу.

Угол, образованный направлением истинного меридиана данной точки и линией, параллельной осевому меридиану, называется углом сближения меридианов; на рисунке 12 он обозначен буквой γ.

§ 5. Буссольная съемка

Буссольной называется съемка, при которой магнитные румбы и азимуты на местности измеряют буссолью.

Буссоль имеет магнитную стрелку, которая насажена на острие в медной коробке. Внутри коробки находится круг с градусными делениями (обычно они нанесены через 1° и подписаны через 10°). Если деления на градусном кольце подписаны от 0 до 360° (против хода часовой стрелки), то буссоль называется азимутальной и ею измеряют азимуты. Буссоли, у которых деления идут от двух нулей в обе стороны до 90°, называются румбическими, и ими измеряют румбы. Коробка сверху закрывается стеклом, и к ней так прикрепляется линейка с диоптрами *l—l*, чтобы визирная плоскость, проходящая через глазное отверстие и волосок предметного диоптра, совпадала с нулевым диаметром буссольного кольца (рис. 13, *I*).

Для измерения азимутов буссоль устанавливают в начальной точке *1* (рис. 13, *II*), так, чтобы центр буссоли совпадал с точкой земли (то есть, буссоль центрируют) и плоскость градусного кольца была горизонтальна. Буссоль приводят в горизонтальное положение по уровню (если он есть на буссоли) или на глаз. После этого освобождают арретир (рычажок, который прижимает стрелку к стеклу) и линейку диоптров наводят на следующую

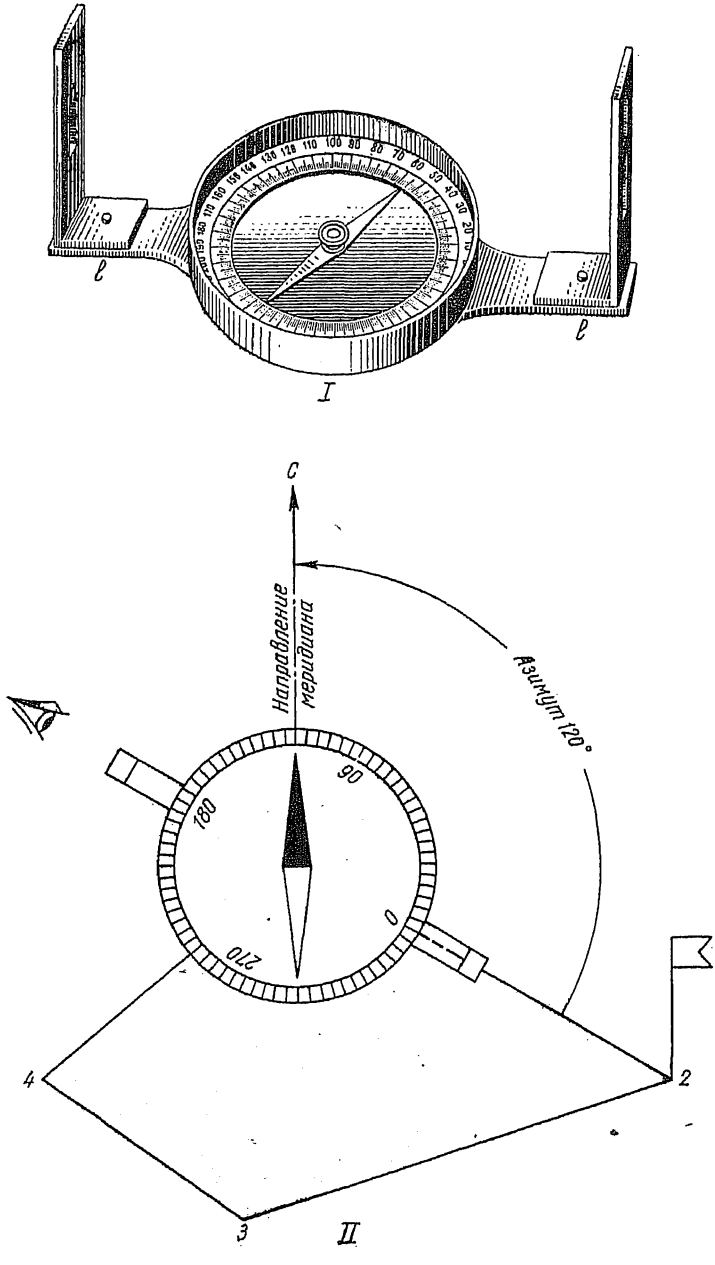


Рис. 13. Буссоль:
I — общий вид; *II* — измерение азимута буссолью;

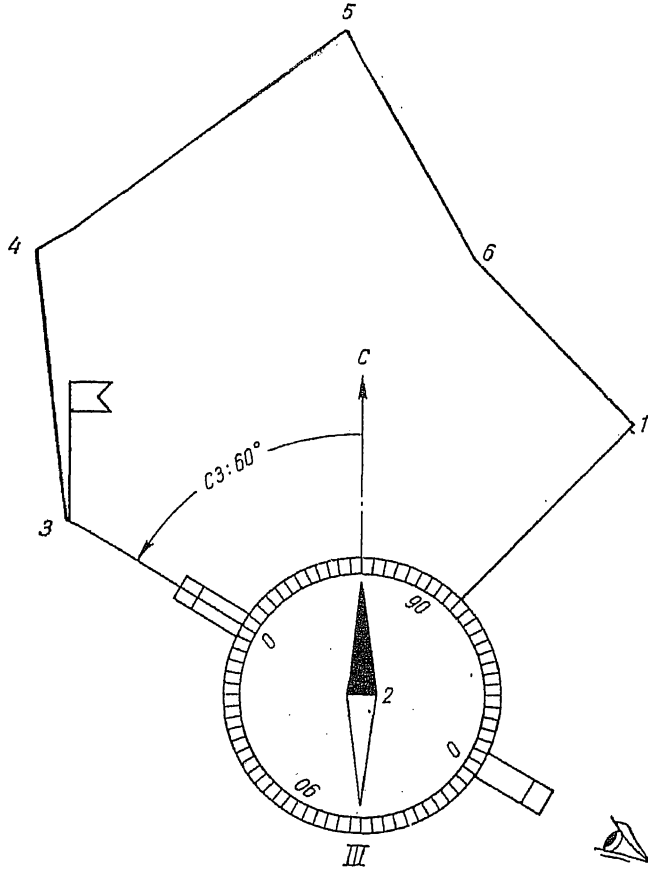


Рис. 13. (Продолжение). Буссоль:
III — измерение румба буссолью.

точку *2*, где устанавливается веха. Произведенный отсчет по северному концу магнитной стрелки и будет азимутом линии *1—2* (на рис. 13, *II* отсчет равен 120°). Для определения румбической буссолью величины румба линии местности, например *2—3*, поступают следующим образом. Устанавливают буссоль в точке *2* (рис. 13, *III*), затем линейку диоптров (визирную ось), проходящую через нулевые деления буссольного кольца, направляют поворотом всей буссоли на точку *3*. Отсчет берут по лю-

бому концу магнитной стрелки. Название румба определяется по ближайшему концу стрелки (северному или южному) по отношению к 0° буссоли, который направлен по данной линии на точку *3*, например СЗ : 60°.

Буссоль Стефана (рис. 14) состоит из коробки *С*, скрепленной наглухо с лимбом *А*, разделенным на 360°. Деления подписаны через каждые 10°, а каждый пятый градус выделен удлиненным штрихом. Внутри коробки имеется круг с делениями, нанесенными через 1° и подписанными также через 10°. В центре коробки на острие насажена магнитная стрелка. Коробка сверху закрыта стеклом.

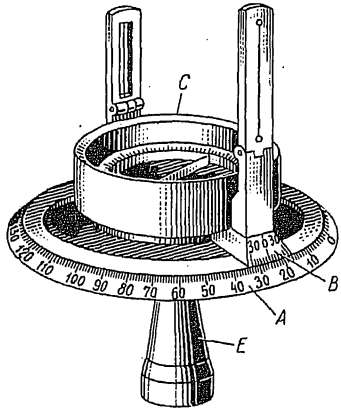


Рис. 14. Буссоль Стефана.

Алидада *В* имеет два диоптра (глазной и предметный), на скошенных концах алидады расположены верньеры с точностью отсчитывания до 5′.

Втулка *Е* позволяет устанавливать буссоль на штатив или кол. Лимб и кольцо буссоли соединены так, что диаметры, соединяющие 0° и 180°, находятся в одной вертикальной плоскости.

Для измерения азимута буссоль устанавливают над точкой, центрируют и приводят в горизонтальное положение. Затем поворачивают буссоль до тех пор, пока северный конец магнитной стрелки не совместится с нулевым делением буссоли. В таком положении буссоль закрепляют. После этого диоптры наводят на веху, а по лимбу и верньеру делают отсчет, который и будет магнитным азимутом.

С помощью буссоли на местности можно решать следующие задачи:

1) ориентировать линии по азимутам или румбам (как указывалось выше);

2) определять углы между двумя линиями по их азимутам или румбам;

3) проводить съемку способами обхода, засечек, полярным (см. § 7).

§ 6. Определение углов между линиями по их румбам

Пусть дан полигон (рис. 15), угол в точке *1* будет равен 180° без суммы румбов, или

$$B_1 = 180° - (r_1 + r_4) = 180° - (70°15' + 20°45') = 89°00'.$$

Угол в точке *2* равен сумме румбов, или

$$B_2 = r_1 + r_2 = 70°15' + 43°30' = 113°45'.$$

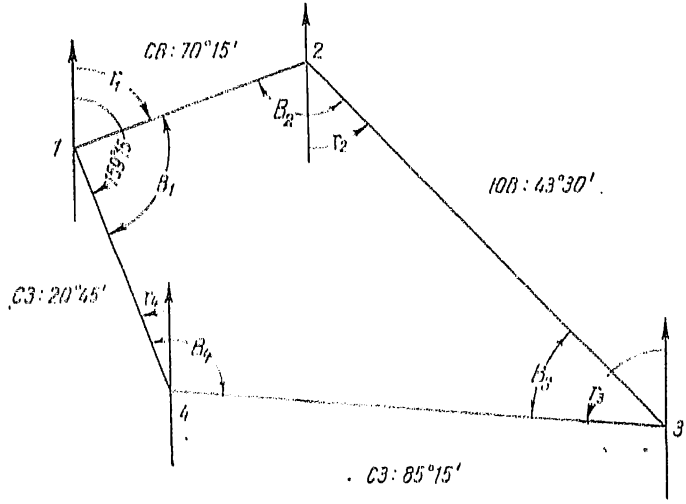


Рис. 15. Определение внутренних углов по румбам.

Угол в точке *3* равен разности румбов, или

$$B_3 = r_3 - r_2 = 85°15' - 43°30' = 41°45'.$$

Угол в точке *4* равен 180° без разности румбов, или

$$B_4 = 180° - (r_3 - r_4) = 180° - (85°15' - 20°45') = 74°00'.$$

Если известны азимуты линий, выходящих из одной точки, то угол между линиями будет равен разности их азимутов.

Точка 1. Азимут линии *1—2* = 70°15', азимут линии *1—4* равен 159°15', угол B_1 = 159°15' — 70°15' = 89°00'.

§ 7. Способы съемок буссолью

Способ обхода является одним из основных способов при съемке главных точек.

Допустим, требуется способом обхода заснять намеченный участок (рис. 16). Буссоль устанавливают (как указывалось выше) над точкой *1*, а в точке *2* ставят веху; затем измеряют румб или азимут линии *1—2*, например СВ : 40°, а также длину линии *1—2*.

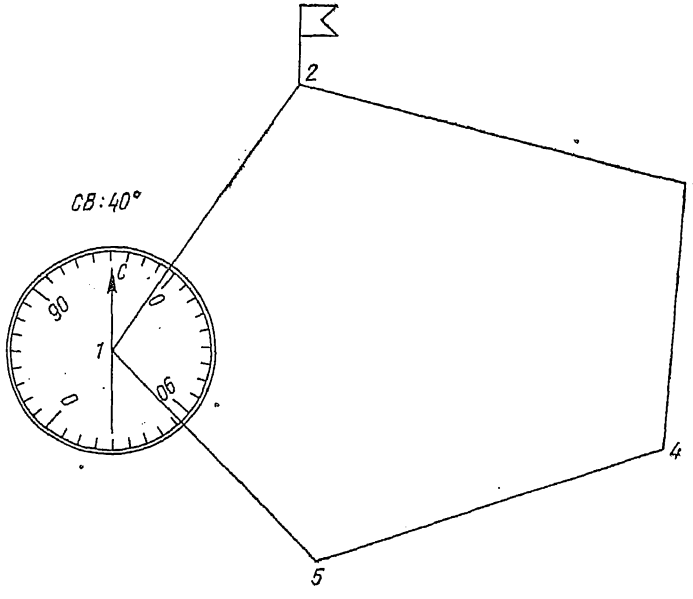


Рис. 16. Съемка способом обхода.

После этого буссоль переносят в точку *2*, а в точке *3* ставят веху, повторяют установку буссоли и измеряют румб линии *2—3* и ее длину и т. д.

Для контроля, чтобы быть уверенным, что в данном районе нет магнитных аномалий, влияющих на показания магнитной стрелки, рекомендуется в каждой вершине участка измерять прямой румб (или азимут) и обратный. Румб прямой получается при измерении его в начале линии, с обходом участка в направлении хода часовой стрелки. В конце линии румб будет получаться обратный.

Способ засечек может применяться для съемок подробностей в открытой местности и для определения местоположения труднодоступных точек. Для этого на ровном месте выбирают линию, принимаемую за базис, длину которой тщательно промеряют. Буссоль устанавливают в точке *1* базиса, диоптры наводят на недоступную точку *3*, а по буссоли отсчитывают румб линии *1—3* (рис. 17), например СВ : 35°0′ (если буссоль азимутальная, то азимут линии равен 35°0′). После этого буссоль

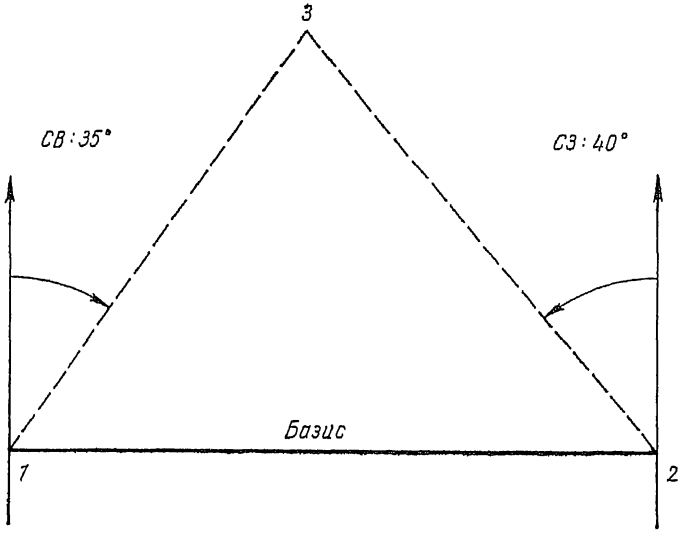


Рис. 17. Съемка способом засечек.

переносят в точку *2* базиса и наводят диоптры на точку *3*, а при точке *2* измеряют румб линии *2—3*, например СЗ : 40°00′ (азимут 320°). По полученным данным можно нанести на план точку *3*.

Рекомендуется, чтобы засечка была под углами не менее 40° и не более 140°.

Полярный способ съемки применяется на открытых пространствах. Для съемки данного участка (рис. 18) буссоль устанавливают внутри него. На характерных изгибах контура ставят вехи. Диоптры буссоли наводят последовательно на выставленные вехи, а по магнитной стрелке берут отсчеты румбов или азимутов

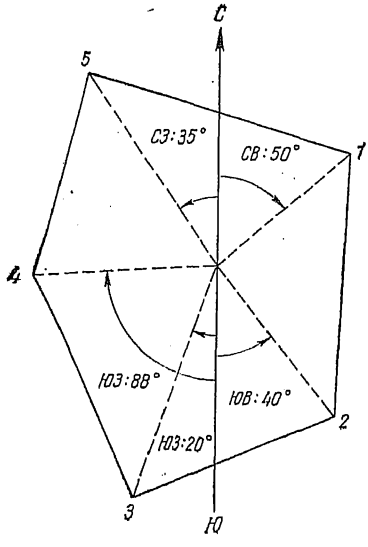


Рис. 18. Полярный способ съемки.

(в зависимости от порядка делений на имеющейся буссоли).

Например, на точку *1* румб СВ : 50° (азимут 50°), на точку *2* румб ЮВ : 40° (азимут 140°), на точку *3* румб ЮЗ : 20° (азимут 200°), на точку *4* румб ЮЗ : 88° (азимут 268°), на точку *5* румб СЗ : 35° (азимут 325°).

Одновременно с румбами на каждую веху измеряют расстояния от точки стояния буссоли до намеченной точки.

По полученным данным можно построить план снятого участка (при помощи транспортира).

§ 8. Составление плана по румбам

По измеренным в поле румбам и длинам линий (табл. 1) можно построить план данного участка на бумаге.

В работу по составлению плана по результатам буссольной съемки входит:

1) построение плана по румбам;

2) распределение невязки при составлении плана (если она получилась допустимой) аналитическим или графическим способом. Дополнительно по составленному плану следует вычислить площадь участка графическим способом (по треугольникам, трапециям).

Для построения плана необходимо иметь транспортир, измеритель, масштабную линейку, треугольник и линейку.

На чертежной бумаге необходимых размеров проводят посредине линию меридиана (четкую и тонкую) с северным концом вверху (рис. 19).

Первую точку накалывают произвольно с таким рас-

четом, чтобы план в заданном масштабе поместился на данном листе бумаги.

Для построения линии *1—2* транспортир укладывают на линии меридиана так, чтобы центр транспортира и градусный отсчет румба первой линии на дуге транспортира были совмещены с линией меридиана (СЗ : 53°45′).

Таблица 1

Исходные данные для составления плана участка

№ линии	Румбы	Длина линии, м
1—2	СЗ:55°45′	98,60
2—3	СВ:29°00′	82,10
3—4	ЮВ:83°00′	80,81
4—5	ЮВ:9°45′	60,25
5—1	ЮЗ:39°15′	79,24

Затем к основанию транспортира прикладывают треугольник гипотенузой или катетом, а к другой стороне — линейку; далее, сняв транспортир, передвигают треугольник по линейке до первой точки и из нее по стороне треугольника, которая лежала под основанием транспортира, прочерчивают пунктирную или сплошную тонкую линию. На прочерченной линии в заданном масштабе (например, 1 : 1000) откладывают горизонтальное проложение измеренной в поле линии *1—2*, конец ее накалывают измерителем и обозначают точкой *2*.

Для построения линии *2—3* (рис. 20) транспортир снова укладывают на линии меридиана так, чтобы центр транспортира и градусный отсчет румба второй линии СВ : 29°00′ были на линии меридиана. При этом транспортир укладывают в зависимости от направления румба (рис. 21).

Для прочерчивания второй линии треугольник снова прикладывают гипотенузой или катетом

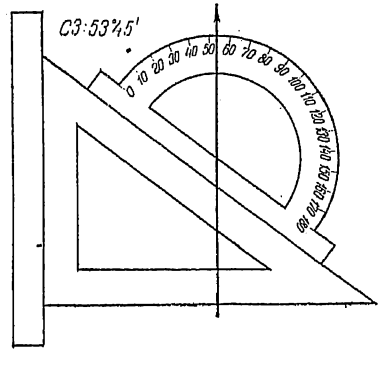


Рис. 19. Построение направлений линий под заданным румбом.

к основанию транспортира, а к другой стороне прикладывают линейку, по которой передвигают треугольник до второй точки и из нее прочерчивают линию.

В соответствии с масштабом откладывают длину второй линии и накалывают точку *3* (см. рис. 20).

Так продолжают составлять план, пока не будут построены все остальные румбы и отложены все длины линий участка.

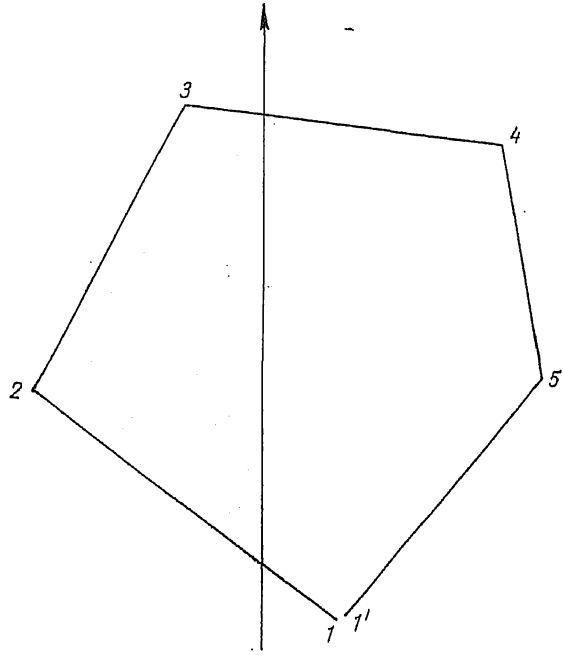


Рис. 20. Построение плана и абсолютная невязка.

В замкнутом полигоне конец последней линии теоретически должен попасть в начальную точку *1*, но практически вследствие накопления ошибок, которые могли быть сделаны в поле (при измерении румбов и линий) и при графическом построении плана на бумаге, он обычно не попадает в первую точку и в конце участка получается невязка (рис. 20).

Абсолютную величину невязки определяют измерением расстояния между первой и последней точками

при помощи измерителя и длину ее определяют по масштабу. О точности выполненной работы судят по относительной невязке — отношению абсолютной невязки ко всему периметру участка:

$$m = \frac{f}{P},$$

где m — относительная невязка; f — абсолютная невязка; P — периметр участка.

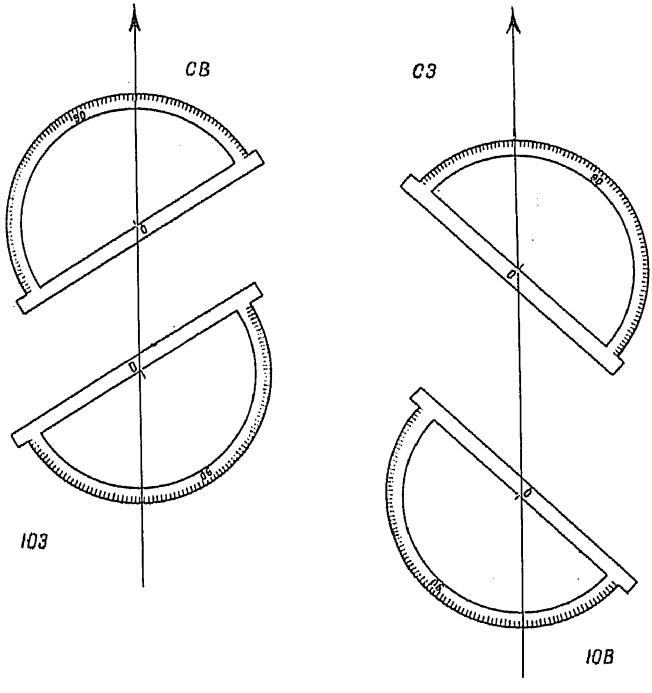


Рис. 21. Положение транспортира при построении линии под заданным румбом.

Относительная невязка не должна быть более $^1/_{200}$ (то есть допускается не более 1 м невязки на 200 м периметра).

В случае, если невязка получилась допустимая, ее распределяют пропорционально длинам линий аналитическим или графическим способом.

§ 9. Распределение невязки

Аналитический способ. В нашем примере абсолютная невязка f получилась равной 2 м. Периметр участка 401,00 м. Тогда относительная невязка

$$m = \frac{f}{P} = \frac{1}{200}.$$

Относительная невязка должна быть равна или меньше $^1/_{200}$.

Следовательно, полученная невязка допустима и может быть распределена (табл. 2).

Таблица 2

Распределение невязки

№ точки	Длина линии	Поправка на длину линии	Поправка в положении точки
	в метрах		
1			0
2	98,60	0,5	0,5
3	82,10	0,4	0,9
4	80,81	0,4	1,3
5	60,25	0,3	1,6
1'	79,24	0,4	2,0
P=401,00 м		2,0	

Невязка распределяется пропорционально длинам линий в следующем порядке. Полученная невязка 2 м приходится на весь периметр участка. Так как в данном периметре (401 м) 40 десятков, то поправка, приходящаяся на один десяток, будет равна 2 : 40=0,05 м.

Длину первой линии округляем до десяти десятков, и, следовательно, поправка на эту линию будет равна 10×0,05=0,5 м, а на вторую линию, длина которой берется равной восьми десяткам, поправка составит 0,4 м.

Так же распределяется невязка и по остальным линиям, чтобы сумма всех поправок была равна 2 м (распределение поправки ведется до десятых долей метра). После распределения поправки на длину каждой линии подсчитывается поправка на каждую точку.

Поправка в первой точке принимается равной нулю, поэтому вся поправка, равная 0,5 м и приходящаяся на линию *1—2*, перейдет на точку *2*. Поправка на точку *3*

будет складываться из поправок, равных 0,5 (на линию *1—2*) и 0,4 (на линию *2—3*), то есть общая поправка будет равняться сумме предыдущих поправок. Для нашего примера она будет равна 0,9 м. Поправка на точку *4* получится путем сложения всех поправок, приходящихся на предыдущие три линии (*1—2*, *2—3* и *3—4*), и будет равняться 0,5+0,4+0,4=1,3 м.

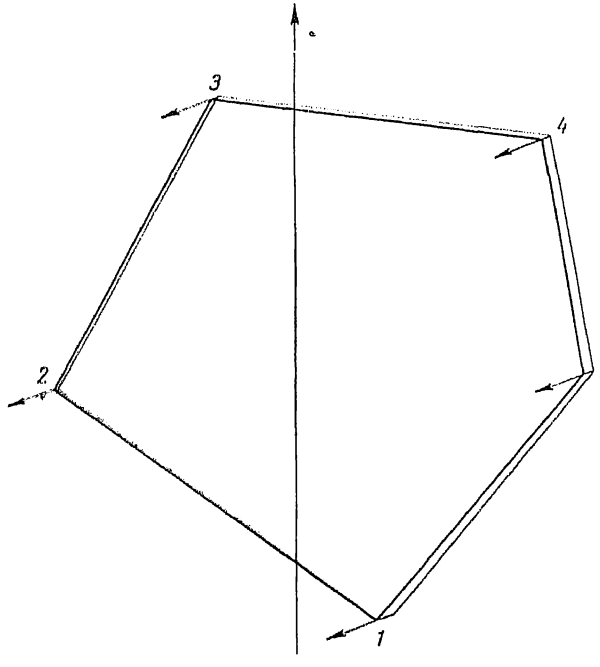


Рис. 22. Увязка полигона.

Так, последовательным суммированием, подсчитывают поправки и на все остальные точки, причем на последнюю точку поправка должна быть равна сумме абсолютной невязки, то есть 2 м.

После вычисления поправок на каждую точку передвигают все точки, кроме первой, на соответствующую величину поправки. Для этого определяют направление невязки путем соединения последней полученной точки *1'* с точкой *1* и в этом направлении прочерчивают линию с указанием стрелкой направления невязки (рис. 22).

Затем из всех остальных вершин участка проводят линии в том же направлении параллельно невязке и на этих линиях при помощи измерителя откладывают в масштабе вычисленные поправки на каждую точку. Полученные новые точки соединяют и получают увязанный участок, в котором изменение длины линий будет не более $^1/_{200}$ их величины, а румбы будут изменены не более чем на $^1/_4$ градуса.

Графический способ. Для определения величины смещения точек при увязке полигона можно применить графический способ. При этом способе весь полигон как бы вытягивают в одну прямую линию, на которой последовательно откладывают длину линий полигона в более

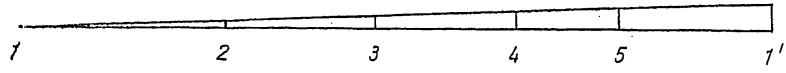


Рис. 23. Распределение невязки графическим способом.

мелком масштабе (если периметр очень длинный), например 1 : 5000. В конце последней линии восстанавливают перпендикуляр, на котором откладывают полученную абсолютную невязку в масштабе плана, то есть 1 : 1000, равную 2 м. Полученную точку на перпендикуляре соединяют с первой (исходной) точкой, образуя треугольник. Затем из концов каждой линии восстанавливают перпендикуляры до пересечения с наклонной линией (гипотенузой треугольника), размеры которых и будут поправками на каждую точку (рис. 23). Эти отрезки при помощи измерителя переносят на линии, параллельные направлению невязки у каждой вершины участка. Новые точки соединяют и получают увязанный участок.

В тех случаях, когда при построении плана абсолютная невязка получилась больше чем $^1/_{200}$ (то есть недопустимая), необходимо выяснить причины этого.

Ошибка могла произойти из-за неправильности измерения длины линий и румбов в поле или была допущена при составлении плана.

Разберем оба случая возникновения невязки.

Ошибка в измерении линии. Пусть при построения плана полигона (рис. 24) длина линии *3—4* была неверно отложена (вместо 80,81 м отложили

108,81 м), в результате чего в конце полигона получилась невязка *1—1'*. Как видно из рисунка 24, линия невязки *1—1'* будет примерно параллельна линии, в которой была допущена ошибка. Для отыскания ее следует промерить по масштабу длины тех линий, которые примерно параллельны направлению невязки. Если окажется, что линии отложены на плане верно, то ошибка могла быть

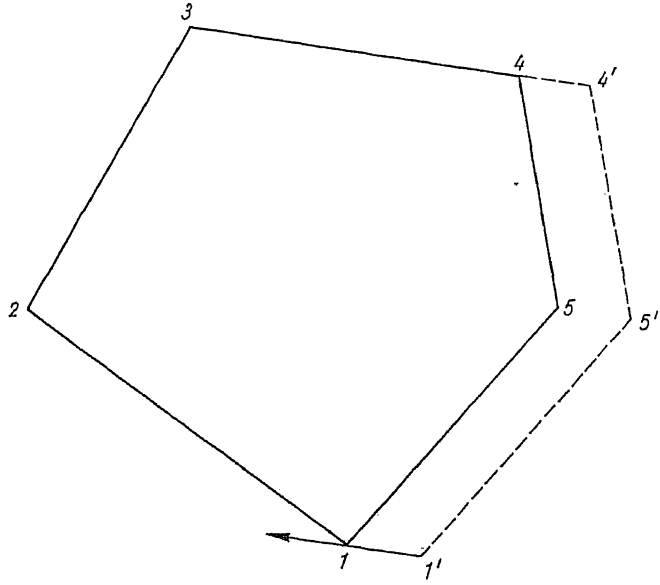


Рис. 24. Невязка в полигоне вследствие грубой ошибки в длине линии.

допущена при измерениях этих линий в поле, и их следует измерить вторично.

Ошибка в измерении румба. Допустим, что при построении плана по румбам была допущена грубая ошибка в откладывании румба линии *4—5*. Вместо требуемого румба ЮВ : 9°45′ был отложен румб ЮВ : 60°00′ и получена точка 5′.

На рисунке 25 видно, что полученная невязка *1—1'* от ошибки в румбе будет примерно перпендикулярна ошибочной линии, так как ошибка в румбе смещает точку *5* в точку *5'* примерно перпендикулярно направлению линии *4—5*. Ошибку вначале надо искать на плане в

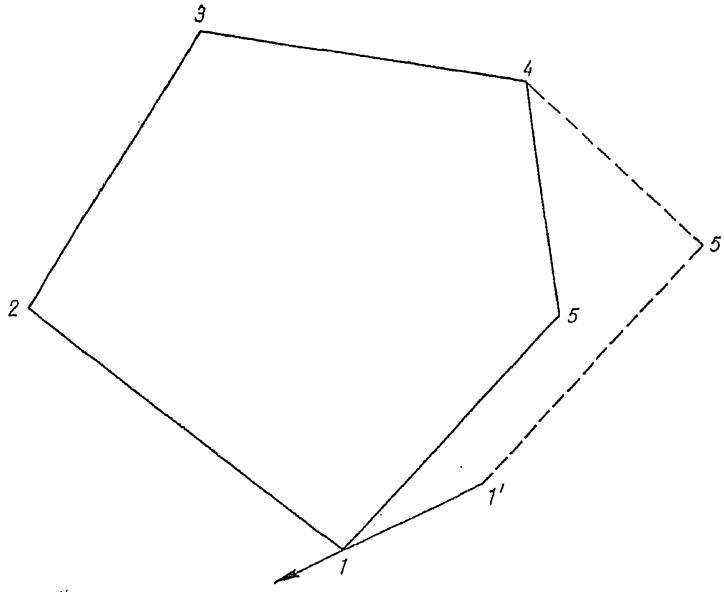


Рис. 25. Невязка в полигоне вследствие грубой ошибки в румбе.

румбах линий, примерно перпендикулярных направлению невязки. Если ошибка все же не обнаружена, следует перемерить румбы этих линий в поле.

§ 10. Вычисление площади графическим способом

Для подсчета площади участка по плану графическим способом необходимо увязанный участок разбить на простейшие геометрические фигуры: треугольники, трапеции (рис. 26). Затем измерителем на плане следует определить по масштабу те элементы фигуры, которые потребуются для вычисления площади (в треугольнике — основание и высота, в трапеции — два параллельных основания и высота), и по соответствующим формулам подсчитать площади этих фигур.

Например, площадь треугольника определяется по формуле:

$$S=\frac{a\cdot h}{2},$$

где S — площадь треугольника; a — основание треугольника; h — высота треугольника.

Площадь трапеции:

$$S=\frac{(a+b)\cdot h}{2},$$

где a и b — параллельные основания; h — высота трапеции.

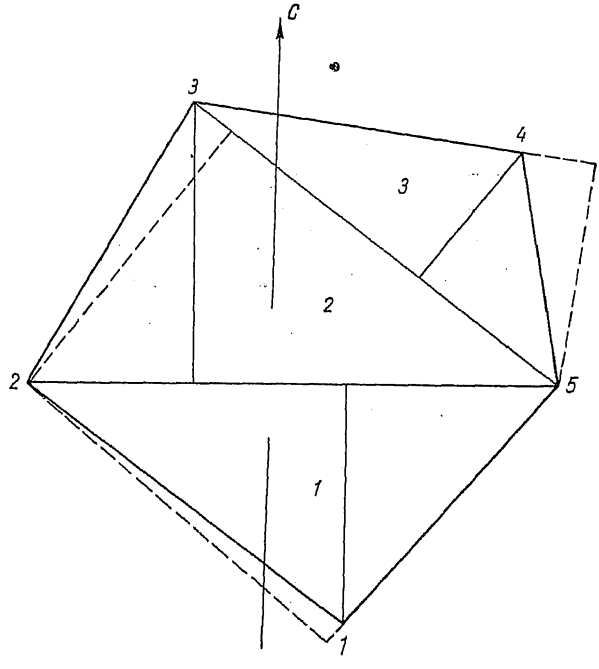


Рис. 26. Разбивка полигона на треугольники для подсчета площади графическим способом.

В нашем примере площадь полигона разбита на треугольники.

Вначале определим площадь каждого треугольника, а общую площадь составит сумма площадей всех треугольников.

При вычислении площадей рекомендуется вести записи по следующей форме (табл. 3).

В первом треугольнике *1—2—5* за основание принимается линия *2—5*; ее измеряют с помощью измерителя,

по масштабной линейке определяют длину, которая в нашем примере равна 128,6 м, и записывают в графу «Основание» (табл. 3). Высотой треугольника будет перпендикуляр, опущенный из вершины треугольника (точка *1*) на основание *2—5*. Высоту также определяют измерителем; по масштабу определяют ее длину и полученный результат, равный 59 м, записывают в графу «Высота». Полученные результаты подставляют в формулу, по которой определяется площадь треугольника.

Таблица 3

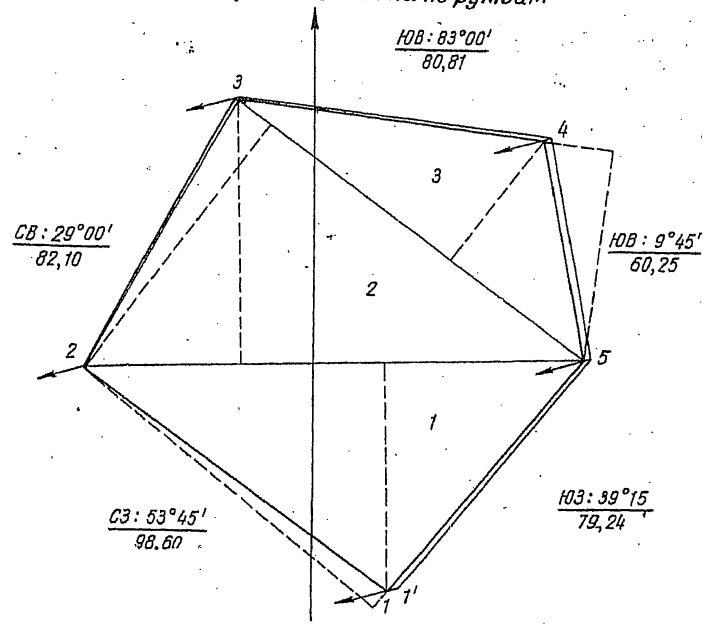
Таблица подсчета площадей

№ треугольника	Основание	Высота	Площадь	Средняя площадь
	в м		в м²	
1	128,6 / 77,1	59,0 / 98,2	3798,7 / 3785,6	3792,1
2	113,0 / 128,6	80,1 / 71,0	4525,65 / 4565,3	4545,5
3	113,0 / 80,2	41,4 / 57,8	2339,1 / 2317,8	2328,4
Итого		10666 м, или 1 га.		

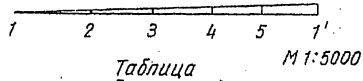
После вычисления площадь первого треугольника составила 3798,7 м². Так подсчитывают площади всех треугольников.

Для контроля правильности вычисления площади каждого треугольника необходимо вычислять дважды, меняя основание и высоту. Например, для первого треугольника за основание при втором вычислении можно принять линию *5—1*, длина которой получилась равной 77,1 м, и эту величину внести в графу «Основание» (второй строчкой). Высотой треугольника для второго подсчета будет перпендикуляр, опущенный из точки *2* на продолжение основания линии *1—5* (в данном случае высота выходит за границы треугольника). Измерив и определив ее размеры по масштабу, выписываем в графу «Высота» 98,2 м. Подставив вторично полученные значения в формулу определения площади треугольника, получим $S=3785,6$ м².

План, составленный по румбам



Графическое распределение невязки



М 1:5000

Таблица распределения невязки

N° точки	Длина линии	Поправка на линию	Поправка на точку
1			0
	98,60	0,5	
2			0,5
	82,10	0,4	
3			0,9
	80,81	0,4	
4			1,3
	60,25	0,3	
5			1,6
	79,24	0,4	
1'			2,0
P	401,00		

Абсолютная невязка

$f = 2,0$ м

Относительная невязка

$$m = \frac{f}{P} = \frac{2}{401} = \frac{1}{200}$$

М 1:1000

Рис. 27. Образец выполненной работы.

Разность в полученных площадях треугольника не должна превышать $^1/_{100}$ их средней площади.

В конечном итоге площадь всего участка получают суммированием всех средних площадей.

Составленный по румбам план оформляют (рис. 27): надписывают сверху заголовок «План, составленный по румбам»; внизу выписывают абсолютную и относительную невязки и масштаб, например 1 : 1000; в правом нижнем углу делают штамп; против середины каждой линии выписывают в виде дроби: сверху румб линии, внизу ее длину.

Ниже даны примеры на построение планов по румбам.

№ линии	Румбы	Длина линии в м
	Пример 1	
1—2	СЗ:88°00′	118,33
2—3	СЗ:10°30′	198,20
3—4	СВ:59°45′	163,10 М—1:2000
4—5	ЮВ:61°45′	163,88
5—6	ЮЗ:2°00′	106,71
6—1	ЮЗ:52°45′	158,47
	Пример 2	
1—2	СЗ:22°00′	149,00
2—3	СВ:4°15′	145,60
3—4	ЮВ:73°30′	154,20 М—1:2000
4—5	ЮЗ:4°45′	132,05
5—1	ЮЗ:41°15′	142,00
	Пример 3	
1—2	СЗ:70°00′	150,00
2—3	СЗ:9°45′	161,50
3—4	СВ:67°30′	162,30 М—1:2000
4—5	ЮВ:76°15′	141,70
5—6	ЮЗ:15°30′	128,90
6—1	ЮЗ:38°15′	142,05
	Пример 4	
1—2	ЮВ:80°00′	150,70
2—3	ЮВ:19°45′	161,60
3—4	ЮЗ:57°30′	162,35 М—1:2000
4—5	СЗ:86°15′	141,70
5—6	СВ:5°30′	128,90
6—1	СВ:26°30′	144,05

№ линии	Румбы	Длина линии в м
	Пример 5	
1—2	ЮЗ:68°00′	74,50
2—3	СЗ:85°15′	72,75
3—4	СВ:16°30′	77,10 М—1:1000
4—5	ЮВ:84°15′	66,05
5—1	ЮВ:49°45′	71,00
	Пример 6	
1—2	ЮЗ:73°00′	65,19
2—3	СЗ:13°45′	82,68
3—4	СВ:17°30′	83,60 М—1:1000
4—5	ЮВ:53°30′	122,05
5—1	ЮЗ:32°15′	80,20
	Пример 7	
1—2	ЮВ:14°15′	202,73
2—3	ЮЗ:65°00′	169,25
3—4	СЗ:68°15′	158,10 М—1:2000
4—5	СВ:23°45′	177,75
5—1	СВ:75°30′	184,73
	Пример 8	
1—2	ЮЗ:42°45′	100,50
2—3	СЗ:75°30′	108,60
3—4	СЗ:10°15′	124,09 М—1:1000
4—5	ЮВ:79°15′	135,20
5—1	ЮВ:51°45′	79,65
	Пример 9	
1—2	ЮЗ:89°00′	133,82
2—3	СЗ:6°15′	163,95
3—4	СВ:74°30′	176,47 М—1:2000
4—5	ЮВ:55°30′	155,05
5—1	ЮЗ:50°45′	189,22
	Пример 10	
1—2	ЮВ:31°30′	165,35
2—3	ЮЗ:79°15′	180,25
3—4	СЗ:73°15′	106,25 М—1:2000
4—5	СВ:21°15′	135,00
5—1	СВ:82°45′	143,61
	Пример 11	
1—2	СЗ:26°00′	193,50
2—3	СВ:26°30′	139,40
3—4	ЮВ:73°00′	214,00 М—1:2000
4—5	ЮЗ:18°15′	174,20
5—1	ЮЗ:60°15′	145,90

№ линии	Румбы	Длина линии в м	
	Пример 12		
1—2	СЗ:37°30′	113,30	
2—3	СВ:4°45′	91,10	
3—4	ЮВ:77°00′	108,00	М—1:2000
4—5	ЮВ:59°45′	92,30	
5—6	ЮЗ:18°00′	103,60	
6—1	ЮЗ:83°30′	97,00	
	Пример 13		
1—2	ЮВ:57°45′	114,47	
2—3	ЮЗ:25°00′	94,30	
3—4	СЗ:71°15′	97,60	М—1:1000
4—5	СЗ:28°30′	118,00	
5—1	СВ:83°30′	92,60	
	Пример 14		
1—2	СВ:66°45′	152,60	
2—3	ЮВ:83°30′	181,20	
3—4	ЮЗ:37°45′	164,00	М—1:2000
4—5	ЮЗ:86°30′	159,40	
5—1	СЗ:31°15′	116,80	
	Пример 15		
1—2	СВ:33°30′	88,56	
2—3	ЮВ:82°45′	78,40	
3—4	ЮЗ:9°45′	88,16	М—1:1000
4—5	ЮЗ:36°15′	88,16	
5—1	СЗ:32°15′	112,50	
	Пример 16		
1—2	ЮВ:35°00′	312,00	
2—3	ЮЗ:37°00′	82,70	
3—4	ЮЗ:46°45′	77,40	
4—5	СЗ:36°15′	178,60	М—1:2000
5—6	СЗ:38°30′	150,00	
6—1	СВ:48°15′	173,00	
	Пример 17		
1—2	СВ:51°45′	128,60	
2—3	ЮВ:32°00′	97,80	
3—4	ЮЗ:19°00′	52,80	М—1:1000
4—5	ЮЗ:62°30′	90,90	
5—1	СЗ:30°00′	110,10	

№ линии	Румбы	Длина линии в м
	Пример 18	
1—2	СЗ:51°00′	61,12
2—3	СВ:35°30′	82,25
3—4	СВ:77°45′	67,71 М—1:1000
4—5	ЮВ:57°00′	81,71
5—6	ЮВ:20°15′	62,98
6—1	ЮЗ:84°15′	157,12
	Пример 19	
1—2	СВ:14°00′	435,20
2—3	ЮВ:71°30′	363,30
3—4	ЮВ:2°45′	384,70 М—1:5000
4—5	ЮЗ:51°15′	371,10
5—1	СЗ:30°00′	356,20
	Пример 20	
1—2	ЮВ:29°15′	221,33
2—3	ЮЗ:59°30′	274,38
3—4	СЗ:53°00′	103,20 М—1:2000
4—5	СВ:18°30′	232,07
5—1	СВ:69°45′	151,32
	Пример 21	
1—2	ЮЗ:42°30′	166,08
2—3	СЗ:84°00′	169,92
3—4	СЗ:13°15′	156,24 М—1:2000
4—5	СВ:86°45′	204,12
5—1	ЮВ:62°45′	128,64
	Пример 22	
1—2	СВ:5°30′	443,92
2—3	ЮВ:67°30′	368,24
3—4	ЮВ:28°45′	414,00 М—1:5000
4—5	ЮЗ:55°45′	519,22
5—1	СЗ:24°30′	384,52
	Пример 23	
1—2	СЗ:53°45′	118,36
2—3	СВ:29°00′	98,40
3—4	ЮВ:83°00′	96,96 М—1:1000
4—5	ЮВ:9°45′	72,00
5—1	ЮЗ:39°15′	95,15
	Пример 24	
1—2	ЮВ:74°15′	160,82
2—3	ЮВ:11°15′	106,92
3—4	ЮЗ:75°45′	242,88 М—1:2000
4—5	СЗ:12°30′	124,52
5—1	СВ:45°00′	124,08

№ линии	Румбы	Длина линии в м	
	Пример 25		
1—2	СЗ:25°15′	184,40	
2—3	СВ:64°15′	106,15	
3—4	ЮВ:74°00′	104,37	М—1:2000
4—5	ЮВ:17°00′	143,44	
5—1	ЮЗ:72°30′	169,07	
	Пример 26		
1—2	СЗ:45°30′	63,10	
2—3	СВ:43°30′	51,40	
3—4	СВ:85°00′	79,00	М—1:1000
4—5	ЮВ:12°00′	104,05	
5—1	СЗ:81°30′	91,10	
	Пример 27		
1—2	ЮВ:30°15′	70,10	
2—3	ЮЗ:51°30′	89,20	
3—4	СЗ:70°30′	73,80	М—1:1000
4—5	СВ:16°15′	105,40	
5—1	ЮВ:82°30′	75,20	
	Пример 28		
1—2	СЗ:74°15′	146,10	
2—3	СЗ:84°00′	161,20	
3—4	СВ:26°00′	138,10	М—1:2000
4—5	СВ:59°00′	116,60	
5—6	ЮВ:46°45′	164,81	
6—1	ЮВ:9°15′	130,40	
	Пример 29		
1—2	СЗ:8°30′	206,40	
2—3	ЮВ:82°45′	191,80	
3—4	ЮВ:67°00′	153,10	М—1:2000
4—5	ЮЗ:45°00′	141,20	
5—1	ЮЗ:83°45′	201,60	
	Пример 30		
1—2	СВ:14°00′	84,00	
2—3	СВ:51°00′	90,83	
3—4	ЮВ:79°00′	132,40	
4—5	ЮВ:28°15′	146,10	М—1:2000
5—6	СЗ:87°00′	145,20	
6—1	СЗ:87°00′	145,20	

№ линии	Румбы	Длина линии в м	
	Пример 31		
1—2	СВ:12°45′	45,30	
2—3	СВ:86°00′	90,80	
3—4	ЮВ:81°30′	70,10	М—1:1000
4—5	ЮЗ:29°45′	58,65	
5—6	ЮЗ:73°45′	71,90	
6—1	СЗ:67°00′	76,60	
	Пример 32		
1—2	СЗ:14°15′	39,35	
2—3	СВ:55°45′	72,20	
3—4	ЮВ:84°15′	100,40	М—1:1000
4—5	ЮЗ:18°15′	63,20	
5—6	ЮЗ:80°15′	60,00	
6—1	СЗ:88°15′	70,80	
	Пример 33		
1—2	СВ:15°30′	76,60	
2—3	СВ:81°45′	71,00	
3—4	ЮВ:52°45′	50,60	М—1:1000
4—5	ЮЗ:18°15′	63,60	
5—1	СЗ:85°30′	110,60	
	Пример 34		
1—2	СВ:8°15′	141,20	
2—3	СВ:84°45′	119,00	
3—4	ЮВ:28°30′	171,20	М—1:2000
4—5	ЮЗ:31°00′	156,00	
5—6	СЗ:83°15′	117,20	
6—1	СЗ:10°45′	122,40	
	Пример 35		
1—2	СЗ:8°00′	143,20	
2—3	СВ:60°45′	82,00	
3—4	ЮВ:70°00′	234,00	М—1:2000
4—5	ЮЗ:48°30′	228,41	
5—1	СЗ:63°30′	110,40	
	Пример 36		
1—2	СВ:17°15′	297,52	
2—3	ЮВ:50°15′	279,80	
3—4	ЮЗ:2°05′	203,04	М—1:2000
4—5	ЮЗ:84°50′	145,23	
5—1	СЗ:51°30′	179,88	

Контрольные вопросы

1. Что называется ориентированием линий?
2. Что называется азимутом, румбом, дирекционным углом?
3. Какая зависимость между прямым и обратным азимутами?
4. Что такое сближение меридианов?
5. Как измеряются румбы и азимуты в поле?
6. Чему равен угол между двумя линиями, если известны румбы их направлений?
7. Чему равен угол между двумя линиями, если известны азимуты их направлений?
8. Назовите способы съемок буссолью.
9. Как строится план по румбам?
10. Как определить абсолютную и относительную невязки при построении плана по румбам?
11. Чему равна допустимая относительная невязка?
12. Какие существуют способы распределения абсолютной невязки и как увязывают полигон?
13. Как графическим способом подсчитать площадь увязанного полигона?

Глава III

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕОДОЛИТНОЙ СЪЕМКИ

Теодолитная, или угломерная, съемка служит для получения контурного плана какого-либо участка, например колхозного землепользования:

Для этого нужно измерить:

1) теодолитом все внутренние углы в точках поворота границы участка;

2) длины сторон между точками поворота границы — 20-метровой стальной лентой;

3) для ориентирования всего участка относительно стран света — магнитный азимут одной из сторон (обычно первой) или вычислить дирекционный угол в случае привязки всей съемки к существующей опорной сети;

4) относительно точек поворота границы и ее сторон проводят съемку подробностей, то есть всех контуров, входящих в участок.

По результатам измерений в первую очередь вычисляют прямоугольные координаты точек поворота границы участка.

По вычисленным координатам и материалам съемки подробностей строят план.

Координаты точек вычисляют в специальной ведомости (пример записи и последовательности подсчета см. табл. 4).

§ 11. Определение угловой невязки

В первую графу записывают по порядку номера всех внутренних углов замкнутой фигуры, а во вторую графу размеры этих углов (измеренные). Затем все измеренные величины внутренних углов складывают и их сумму $\Sigma\beta_{изм}$ подписывают внизу второй графы под общей чертой.

Полученную сумму измеренных углов сравнивают с теоретической суммой внутренних углов, определенной по формуле, известной из геометрии $\Sigma\beta_{теор} = 180° (n-2)$, где n — число сторон многоугольника. Так, в разбираемом примере для шестиугольника теоретическая сумма внутренних углов должна быть равна $180° (6-2) = 720°$, а сумма углов, полученных в результате измерения, оказалась равной 720°02′,5, то есть получилось расхождение, или угловая невязка.

Для определения абсолютного значения невязки и ее знака нужно из суммы измеренных углов вычесть теоретическую сумму, что в данном примере даст невязку $f\beta = +0°02',5$.

Распределение угловой невязки. Полученная угловая невязка не должна превышать допустимой величины, определяемой по формуле:

$$f_{\beta_{доп}} = \pm 1{,}5t\sqrt{n},$$

где t — точность верньера угломерного инструмента; n — число углов.

При точности верньеров теодолита в 1′ формула приобретает окончательный вид $f_{\beta_{доп}} = +1',5\sqrt{n}$. Отсюда допустимая угловая невязка для шестиугольника не должна превышать

$$f_{\beta_{доп}} = \pm 1',5\sqrt{6} = \pm 3',6.$$

В приводимом примере полученная угловая невязка равна +2′,5; следовательно, она допустима, а поэтому должна быть распределена по отдельным углам. Для этого она по частям вводится в виде поправок в измеренные углы: 1) в углы с дробными долями минут, чтобы округлить их до целых минут, и 2) в углы, ограниченные более короткими сторонами.

Знак этой поправки берется обратным знаку полученной невязки. В нашем примере знак поправки должен быть минус, потому что сумма измеренных углов больше теоретической.

§ 12. Вычисление дирекционных углов

По исправленным углам (графа 3) и по азимуту или дирекционному углу начальной стороны (графа 4) вычисляются дирекционные углы всех сторон по формуле

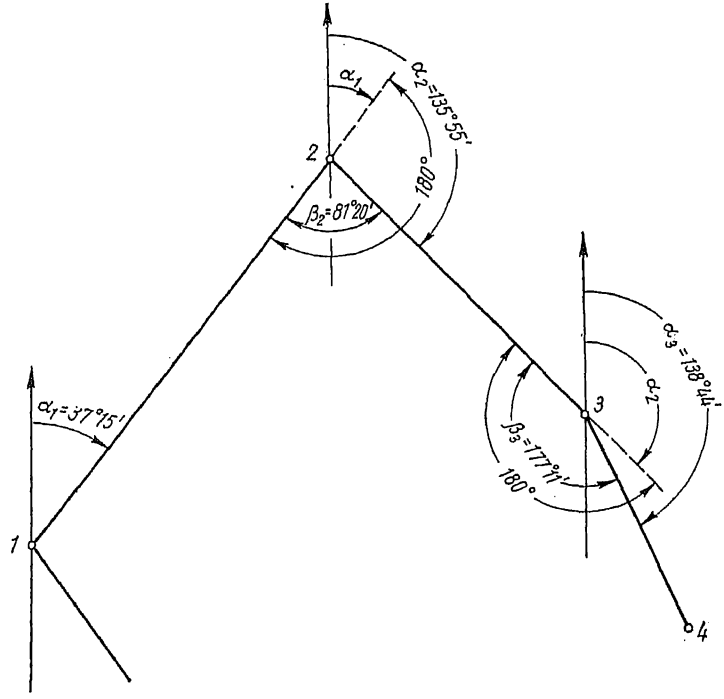


Рис. 28. Вычисление дирекционных углов.

$\alpha_n = \alpha_{n-1} + 180° - \beta_n$, то есть *дирекционный угол последующей линии равен дирекционному углу предыдущей линии плюс 180° и минус внутренний угол между этими линиями (лежащий вправо по ходу).*

Разберем рисунок 28. В нашем примере дирекционный угол начальной стороны (*1—2*) равен 37°15′. Дирек-

ционный угол второй стороны (2—3) будет получен так:

$$\alpha_2 = \alpha_1 + 180^\circ - \beta_2,$$

то есть

$$\begin{array}{ll} \alpha_1 \cdots & 37^\circ 15' \\ + & 180^\circ \\ \hline & 217^\circ 15' \\ & 81^\circ 20' \\ \hline \alpha_2 & 135^\circ 55' \end{array}$$

Из этого же рисунка видно, что дирекционный угол α_3 третьей линии будет вычислен по найденному α_2, а именно:

$$\alpha_3 = \alpha_2 + 180^\circ - \beta_3,$$

то есть

$$\begin{array}{ll} \alpha_2 \cdots & 135^\circ 55' \\ + & 180^\circ \\ \hline & 315^\circ 55' \\ & 177^\circ 11' \\ \hline \alpha_3 & 138^\circ 44' \end{array}$$

Дирекционные углы всех последующих сторон вычисляют в том же порядке.

После получения дирекционного угла последней стороны нужно провести контроль, который заключается в том, чтобы через дирекционный угол последней стороны (6—1) получить дирекционный угол исходной стороны по той же формуле, то есть $\alpha_1 = \alpha_6 + 180^\circ - \beta_1$, так имеем $\alpha_6 = 337^\circ 01'$, тогда

$$\begin{array}{ll} \alpha_6 \cdots & 337^\circ 01' \\ + & 180^\circ \\ \hline & 517^\circ 01' \\ & 119^\circ 46' \text{ (первый внутренний угол)} \\ \hline & 397^\circ 15' \\ - & 360^\circ \\ \hline \alpha_1 & 37^\circ 15' \end{array}$$

то есть получен дирекционный угол исходной стороны, что говорит о правильности вычислений.

§ 13. Перевод дирекционных углов в румбы

Вычисленные дирекционные углы переводят в румбы (графа 5).

Для правильного перевода разберем четыре случая (рис. 29):

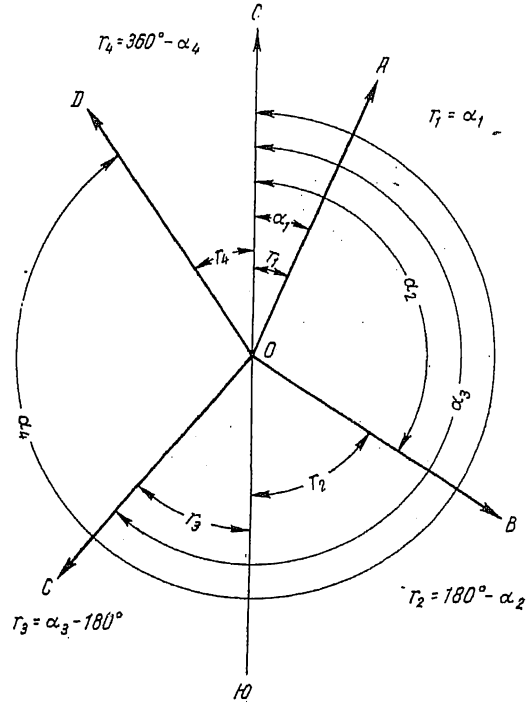


Рис. 29. Зависимость между румбами и дирекционными углами.

1) дирекционный угол имеет размер до 90°; следовательно, линия *ОА* идет на северо-восток. В этом случае $r_1 = \alpha$;

2) дирекционный угол больше 90°, но меньше 180°; это значит, что линия *ОВ* идет на юго-восток, и тогда $r_2 = 180° - \alpha_2$;

3) дирекционный угол больше 180°, но меньше 270°; следовательно, линия *ОС* направлена на юго-запад, а поэтому $r_3 = \alpha_3 - 180°$;

4) дирекционный угол больше 270°, но меньше 360°; в этом случае линия OD направлена на северо-запад, и тогда $r_4 = 360° - \alpha_4$.

§ 14. Вычисление приращений координат

Для того чтобы вычислить координаты точек, предварительно необходимо вычислить приращения координат.

Из теории известно, что приращения координат Δx и Δy есть разности координат начала и конца линии по оси x и по оси y.

Из рисунка 30 видно, что Δx и Δy представляют собой катеты прямоугольных треугольников, гипотенузами

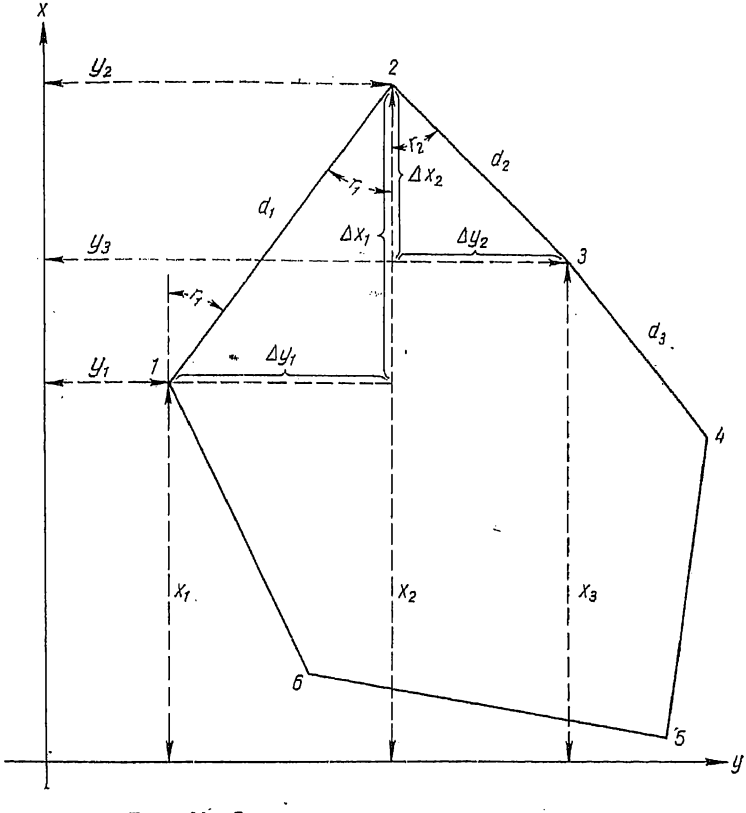


Рис. 30. Система прямоугольных координат.

же являются длины сторон (d_1, d_2, d_3), известные из измерений на местности с введением поправки за угол наклона (записываются в графу 6); r_1, r_2, r_3 — румбы этих сторон — вычисляются по дирекционным углам.

Рисунок также показывает, что приращения координат будут найдены по формулам: $\Delta x = d\cos r$; $\Delta y = d\sin r$. Вычисления можно вести различными способами. Один из способов — это нахождение приращений по специальным таблицам, где по известной длине и румбу линии находят готовые приращения координат.

Разберем пример нахождения приращений при пользовании таблицами Геодезиздата выпуска 1958 г. Таблицы по своему расположению подобны логарифмическим таблицам тригонометрических функций.

В нашем случае румб первой линии (см. стр. 52) $r = \text{СВ} : 37°15'$; длина линии $d = 745{,}29$ м.

В таблицах прежде всего открывают страницу, где сверху обозначена величина румба 37° (если бы румб был больше 45°, то нужно было бы размер румба искать внизу страницы). Для каждого значения градусов румба отведено две страницы: на той странице, где рядом с требуемым значением румба стоит cos, будет найдено Δx, а на странице, где рядом с требуемым значением румба стоит sin, будет найдено Δy. Далее линейкой выделяется горизонтальная строчка, соответствующая 15′.

Из этой строчки выбираются значения приращений в зависимости от длины линии. Так как в таблице длины линий даны через каждые 10 м (10, 20, 30, 40..., что помечено в верхней и нижней горизонтальных строчках), то приходится линию разбивать на круглые значения — разряды — и найденные отдельно приращения складывать. Вычисление можно вести по следующей схеме.

d	Δx	Δy
300	238,80	181,59
400	318,40	242,12
40	31,84	24,21
5	3,98	3,03
0,29	0,23	0,18
745,29	593,25	451,13

Из таблиц следует брать значения до сотых долей единицы. Приращение для 700 м находим отдельно на

300 и 400 м в столбце для 30 и 40 м с перенесением запятой вправо на один знак; для 5 м приращение находим в столбце для 50 м с перенесением запятой влево на один знак.

Для нахождения приращений для дробных долей метров на внутренней стороне каждой страницы имеется по четыре маленьких таблички; две вверху и две внизу; в том случае, когда табличные значения берут в верхней половине страницы, пользуются верхними табличками, а когда табличные значения находят внизу страницы, пользуются нижними табличками.

В табличке слева, в вертикальном столбце, помечены десятые доли метра, а сверху — на горизонтальной строчке — сотые доли метра; на пересечении вертикальной и горизонтальной строк для десятых и сотых метра будет найдено недостающее приращение, тоже в виде десятых и сотых долей.

Следует запомнить для грубого контроля вычислений то обстоятельство, что при румбе линии до 45° Δx должно быть больше, чем Δy, а при румбе линии больше 45° Δx должно быть меньше, чем Δy.

Указанным путем находят приращения для всех линий и записывают в графы 7 и 8 против длины соответствующей линии.

Аналогичными являются таблицы Гаусса, но с меньшим числом знаков после запятой.

Если есть арифмометр, приращения координат можно вычислить гораздо быстрее с использованием таблицы натуральных значений тригонометрических функций *.

Знаки приращений координат зависят от направления линии относительно стран света и определяются по румбу линии. Это правило может быть представлено в виде схемы (рис. 31).

§ 15. Определение невязок

а) Определение невязки в приращениях координат. Складывают все найденные приращения отдельно по оси x и отдельно по оси y.

Внизу каждого столбца (Δx и Δy) подписывают алгебраическую сумму приращений $\Sigma\Delta x$ и $\Sigma\Delta y$ (см. ведо-

* Л. С. Хренов. Пятизначные таблицы тригонометрических функций. Гос. изд-во физико-математической литературы. М., 1962.

мость на стр. 52). Теоретически для замкнутой фигуры должно быть: $\Sigma\Delta x=0$; $\Sigma\Delta y=0$, но из-за неизбежности ошибок при измерениях обычно эти суммы получаются

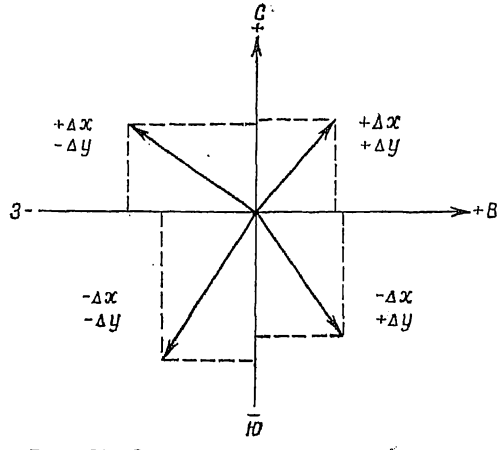


Рис. 31. Знаки приращений координат.

равными небольшим величинам, то есть $\Sigma\Delta x=\pm f_x$, $\Sigma\Delta y=\pm f_y$, где f_x и f_y — невязки в приращениях координат отдельно по каждой оси.

б) Определение абсолютной невязки. Ввиду того что $\Sigma\Delta x=\pm f_x$ и $\Sigma\Delta y=\pm f_y$, графически это будет выглядеть, как показано на рисунке 32.

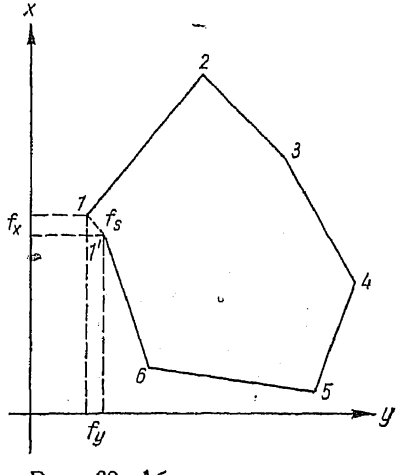


Рис. 32. Абсолютная невязка в приращениях.

Абсолютная невязка в полигоне представляет гипотенузу прямоугольного треугольника и определяется по формуле:

$$f_s=\sqrt{f_x^2+f_y^3}.$$

В разбираемом примере:

$$\Sigma\Delta x=f_x=-0{,}55 \text{ м},$$

$$\Sigma\Delta y=f_y=+1{,}69 \text{ м},$$

$$f_s = \sqrt{0{,}55^2 + 1{,}69^2} = \pm 1{,}78 \text{ м}.$$

в) Определение относительной невязки. Точность линейных измерений определяется относительной невязкой, то есть отношением абсолютной невязки к величине периметра $\left(\frac{f_s}{P}\right)$; это отношение не должно превышать допустимой величины $\frac{1}{2000}$ (для средних условий измерения длин линий), то есть должно быть $\frac{f_s}{P} \leqslant \frac{1}{2000}$.

Для нашего примера:

$$f_s = 1{,}78 \text{ м}, \quad P = 3812{,}02 \text{ м}, \quad \frac{f_s}{P} = \frac{1{,}78}{3812} = \frac{1}{2141} < \frac{1}{2000}.$$

Указанные расчеты приводятся внизу ведомости координат (табл. 4).

§ 16. Распределение невязки в приращениях координат и вычисление координат

В том случае, если $\frac{f_s}{P} \leqslant \frac{1}{2000}$, невязки f_x и f_y распределяют по приращениям пропорционально длинам линий со знаком, обратным знаку полученной невязки.

Сначала распределим невязку по оси x. Так как величины невязок очень малы по сравнению с величиной периметра, то для составления пропорций периметр округляют до сотен метров и определяют размер поправки k', приходящейся на одну сотню метров в периметре.

Поправка равна 0,55 м на 38 сотен, а на одну сотню $k' = 0{,}015$ м. В линии 745,29 м можно считать округленно семь сотен; тогда для первого приращения по Δx поправка будет $7k' = +0{,}10$.

Знак плюс взят как обратный знаку самой невязки $f_x = -0{,}55$. В линии 501,87 м пять сотен, а поэтому поправка для приращения этой линии $5k' = +0{,}08$ и т. д.

После распределения невязки нужно сделать проверку, то есть сложить все поправки; сумма их должна быть равна невязке, но с обратным знаком, то есть $+0{,}55$.

По такому же принципу распределяется невязка по оси y: 1,69 м — на 38 сотен, а на одну сотню $k' = 0{,}045$ м.

Таблица 4

Ведомость вычисления координат

№ вершины	Углы измеренные	Углы исправленные	Дирекционные углы α	Румбы r	Длины линий, d	Приращения координат вычисленные $\pm\Delta x$	Приращения координат вычисленные $\pm\Delta y$	Приращения координат исправленные $\pm\Delta x$	Приращения координат исправленные $\pm\Delta y$	Координаты $\pm x$	Координаты $\pm y$
1	119°46′	119°46′				+0,10	−0,33			+700,00	−50,00
			37°15′	СВ:37°15′	745,29	+593,25	+451,13	+593,35	+450,80		
2	81°20′	81°20′				+0,08	−0,22			+1293,35	+400,80
	−1′		135°55′	ЮВ:44°05′	501,87	−360,49	+349,15	−360,41	+348,93		
3	177°12′	177°11′				+0,07	−0,20			+932,94	+749,73
	−1′		138°44′	ЮВ:41°16′	458,86	−344,88	+302,66	−344,81	+302,46		
4	129°41′	129°40′				+0,10	−0,30			+588,13	+1052,19
	−0′,5		189°04′	ЮЗ:9°04′	679,83	−671,33	−107,14	−671,23	−107,44		
5	87°56′,5	87°56′				+0,10	−0,33			−83,10	+944,75
			281°08′	СЗ:78°52′	736,16	+142,15	−722,32	+142,25	−722,65		
6	124°07′	124°07′				+0,10	−0,31			+59,15	+222,10
			337°01′	СЗ:22°59′	696,01	+640,75	−271,79	+640,85	−272,10		
1										+700,00	−50,00
	$\Sigma\beta_{изм}$ 720°02′,5				P=3818,02	+1376,15 −1376,70	+1102,94 −1101,25	+1376,45 −1376,45	+1102,19 −1102,19		
	$\Sigma\beta_{теор}$ 720°00					f_x=−0,55	f_y=+1,69	0	0		

Угловая невязка $f\beta = +2',5$,
угловая невязка допустимая
$f\beta_{доп.} = \pm 1',5\sqrt{6} = \pm 3',7$

$$f_s = \pm\sqrt{0{,}55^2 + 1{,}69^2} = \pm 1{,}78 \text{ м},$$

$$\frac{f_s}{P} = \frac{1{,}78}{3818} = \frac{1}{2141} < \frac{1}{2000}$$

Полученные поправки записывают над значениями вычисленных приращений.

Приращения координат исправляют алгебраическим прибавлением к вычисленным приращениям соответствующих поправок. Результат записывают в графы 9 и 10 таблицы 4.

Для контроля исправленные приращения координат нужно сложить, и сумма их должна равняться нулю.

Вычисление координат точек. Из рисунка 30 видно, что если известны координаты x и y для точки *1*, то легко получить координаты точки *2*, которые, в свою очередь, нужны для получения координат точки *3* и т. д. Координаты точки *1* могут быть известны из предыдущих съемок, а также могут быть приняты условные. Так, если принять, что для точки *1* координаты $x_1 = +700$ м и $y = -50$ м, то

$$x_2 = x_1 + \Delta x_1 \text{ и } y_2 = y_1 + \Delta y_1.$$

Подставляя числовые значения, получим:

$$x_2 = +700{,}00 + 593{,}35 = +1293{,}35;$$
$$y_2 = -50{,}00 + 450{,}80 = +400{,}80,$$

тогда

$$x_3 = x_2 + \Delta x_2 = +1293{,}35 - 360{,}41 = +932{,}94;$$
$$y_3 = y_2 + \Delta y_2 = +400{,}80 + 348{,}93 = +749{,}73.$$

Следовательно, здесь необходимо применять правило: *координата последующей точки равна координате предыдущей точки плюс приращение на линию между этими точками.* Значение координат записывают в графы 11 и 12. Для контроля по координатам последней точки нужно получить точно координаты первой исходной точки, для чего к координате последней точки прибавляют приращение последней линии:

$$x_1 = x_6 + \Delta x_6 = +59{,}15 + 640{,}85 = +700{,}00,$$
$$y_1 = y_6 + \Delta y_6 = +222{,}10 - 272{,}10 = -50{,}00.$$

§ 17. Составление плана угломерной съемки

Эту работу выполняют в такой последовательности.

1. На листе чертежной бумаги размером 50×40 см вычерчивают координатную сетку (рис. 33, *а*). С этой целью строят прямоугольник, для чего через весь лист бумаги проводят две диагонали и от точки пересечения

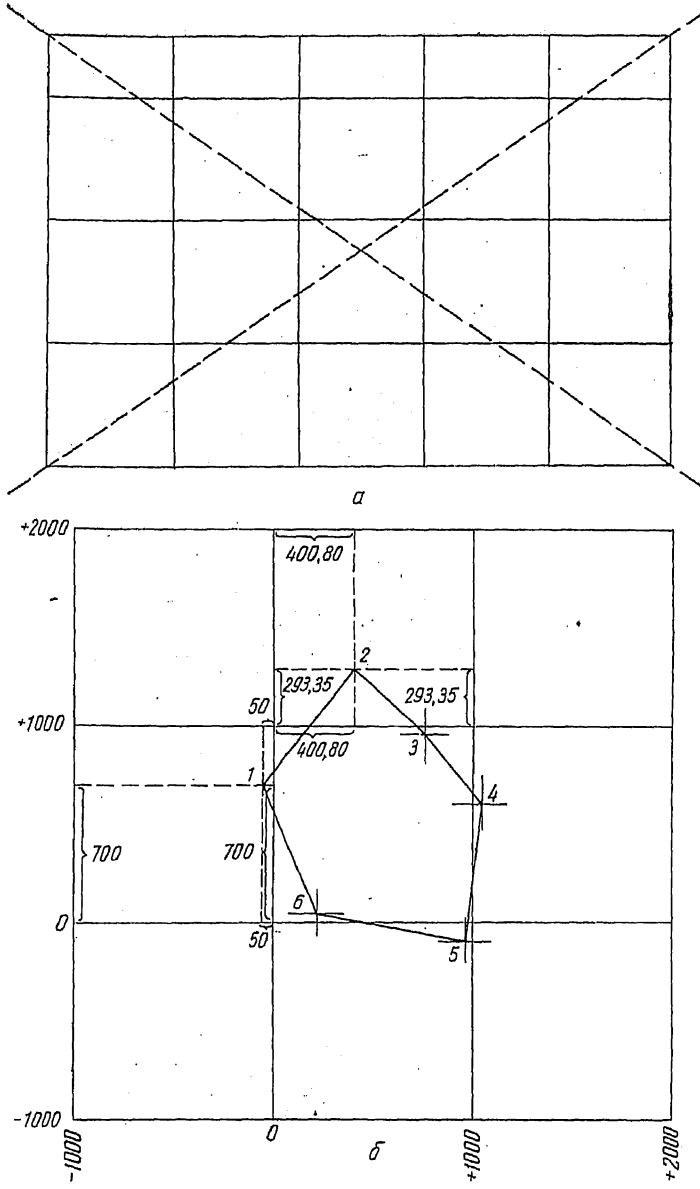


Рис. 33. Построение координатной сетки (*а*) и нанесение на план точек по координатам (*б*).

их откладывают измерителем по направлению к каждой вершине листа одинаковые отрезки, например по 25 см. Полученные наколы на диагоналях аккуратно соединяют по линейке тонкими линиями. Получится точный прямоугольник. Затем с масштабной линейки берут измерителем отрезок в 10 см и последовательно откладывают его на сторонах прямоугольника. Полученные точки на противоположных сторонах попарно соединяют линиями, проведенными карандашом по линейке; пересечения этих линий и образуют сетку квадратов, или координатную сетку.

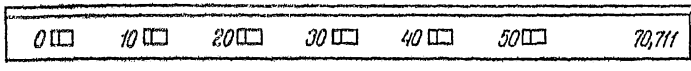


Рис. 34. Линейка Дробышева.

Оставшиеся на противоположных сторонах прямоугольника отрезки должны быть равны между собой попарно — это служит контролем построения сетки. Затем измерителем проверяют равенство диагоналей полученных квадратов. Проверенную таким образом сетку тонко вычерчивают синей тушью.

Лучше строить координатную сетку при помощи специальной линейки Дробышева (рис. 34).

Это — металлическая линейка, вдоль которой посредине сделаны шесть прямоугольных вырезов. Край каждого выреза скошен; у первого, помеченного нулем, — по прямой линии, а у всех остальных — по окружности радиусов 10, 20, 30, 40, 50 см. Конец линейки также скошен по дуге радиуса 70, 711 см.

Построение сетки квадратов основано на том, что диагональ прямоугольника со сторонами 30 см и 40 см равна 50 см, то есть

$$30^2+40^2=50^2,$$

или

$$50^2+50^2=70{,}711^2.$$

Для построения сетки координат линейку кладут параллельно нижнему краю листа бумаги, вдоль длинной его стороны, отступя от края примерно на 5 см, и проводят по скошенному краю линейки тонкую прямую линию AB (рис. 35, *а*). Сдвинув линейку на середину линии, по пяти скошенным вырезам проводят штрихи, пе-

ресекающие прочерченную линию. Затем линейку перекладывают в положение *б*, перпендикулярное (на глаз) линии *AB*. Совместив нулевой штрих линейки с пересечением в точке *A*, проводят штрихи через три последующие выреза линейки. Далее линейку перекладывают в положение *в* по диагонали, совместив предварительно нулевой штрих линейки с точкой *B*, и по пятому дуговому вырезу проводят штрих, пересекающий третий штрих группы *б*. Полученная в пересечении точка *C*, является вершиной перпендикуляра к линии *AB* с основанием в точке *A*.

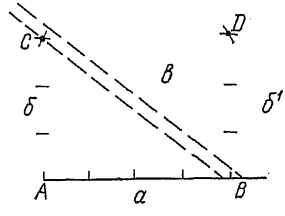


Рис. 35. Построение сетки координат по линейке Дробышева.

После этого подобное построение повторяют при точке *B*, то есть линейку кладут перпендикулярно линии *AB*, совмещают нулевой штрих с точкой *B* и отмечают штрихи *б'*. Кладут линейку по второй диагонали и намечают точку *D*.

Необходимо, приложив линейку, проверить расстояние между точками *C* и *D*. Оно должно быть точно равно *AB*. После этого линию *CD* также делят на 10-сантиметровые отрезки. Для окончательного построения координатной сетки соединяют тонкими линиями все противоположные штрихи. Контролем правильности построения сетки служит равенство диагоналей всех квадратов.

2. Одну из вертикальных линий сетки координат принимают за ось *x*, а другую — из горизонтальных — за ось *y*. От точки пересечения этих осей будет идти счет координат точек. Необходимо, чтобы весь план поместился на данном листе бумаги, а поэтому при выборе осей координат нужно одновременно с учетом масштаба учесть самые большие ординаты *(y)* с плюсом и с минусом, что определит положение оси *x*, а также самые большие абсциссы *(x)* с плюсом и с минусом, что определит положение оси *y*.

При составлении плана в масштабе 1 : 10 000 стороне 10-сантиметрового квадрата соответствует 1000 м на местности.

В разобранном примере (см. Ведомость координат, табл. 4) самые удаленные по оси *x* точки *2* и *5* (рис. 33,*б*);

$x_2 = +1293,35$ и $x_5 = -83,10$. Поэтому от выбранной горизонтальной линии, принятой за ось y, нужно оставить два квадрата вверх и один квадрат вниз.

Таким образом будет определена ось y.

Самые удаленные по оси y точки *1* и *4*; $y_1 = -50,00$ и $y_4 = +1052,19$. Очевидно, что от выбранной вертикальной линии, принятой за ось x, нужно оставить один квадрат влево и два квадрата вправо.

Так будет определена ось x.

Полученные оси координат на плане обозначают сверху буквой x для оси абсцисс и для оси ординат буквой y.

Для остальных линий сетки координат подписывают их расстояния в метрах от найденных осей. Эти подписи делают против выходов сетки координат — внизу для ординат и с левой стороны для абсцисс.

3. По координатам точек в принятом масштабе сначала составляют план границ участка, а затем наносят всю ситуацию, то есть подробности, находящиеся внутри участка.

План по координатам составляют следующим образом. Вначале определяют, в каком квадрате находится искомая точка, например точка *1* с координатами $x_1 = +700$, $y_1 = -50,00$. Видно, что по оси x данная точка находится выше оси y на 700 м; по оси же y эта точка расположена левее оси x на 50 м. Следовательно, точка находится в квадрате первом вверх от оси y и в первом слева от оси x. На боковых сторонах указанного квадрата откладывают от оси y вверх по 700 м, а на верхней и нижней стороне влево от оси x по 50 м. Полученные точки соединяют тонкой карандашной линией. Искомая точка находится на пересечении двух проведенных линий в пределах квадрата. Точка *2* с координатами $x_2 = +1293,35$ и $y_2 = +400,80$ будет находиться по оси x выше первой горизонтальной линии, отмеченной $+1000$, на 293,35 м, а по оси y вправо от оси x — на 400,80 м. Таким образом, точка расположена в квадрате втором вверх от оси y и первом вправо от оси x. В этом случае на боковых сторонах данного квадрата нужно отложить недостающие отрезки: вверх по 293,35 м и вправо по 400,80 м, точки накола опять соединить, и на пересечении получится точка *2*.

Таким же образом по своим координатам наносят все точки. Контролем правильности служат длины линий

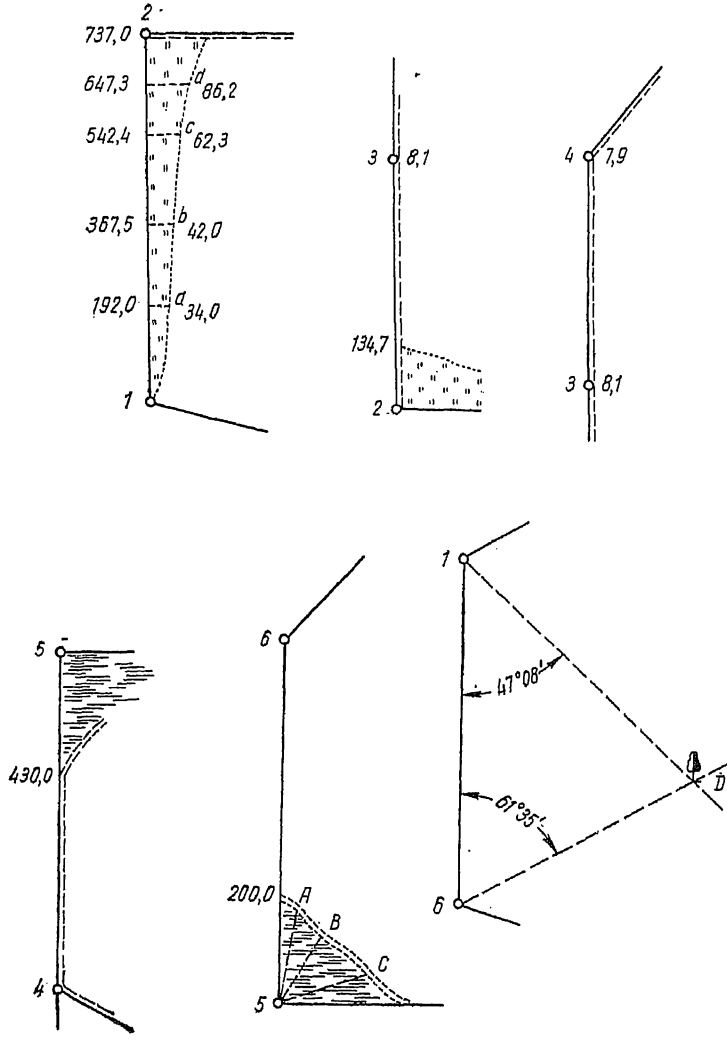

2
737,0
647,3
d
86,2
542,4
c
62,3
367,5
b
42,0
192,0
a
34,0
1
3
8,1
134,7
2
4
7,9
3
8,1
5
430,0
4
6
200,0
A
B
C
5
1
47°08'
61°35'
D
6

Рис. 36. Абрис.

между этими точками, которые известны из измерений и записаны в ведомости. Поэтому по мере нанесения точек нужно проверять расстояния между ними на плане в указанном масштабе; расхождение не должно превышать 0,2 мм.

4. Относительно известных линий, конечные точки которых нанесены по координатам, заполняют по абрису внутреннюю часть плана всеми подробностями, которые были сняты в натуре на данном участке. Например,

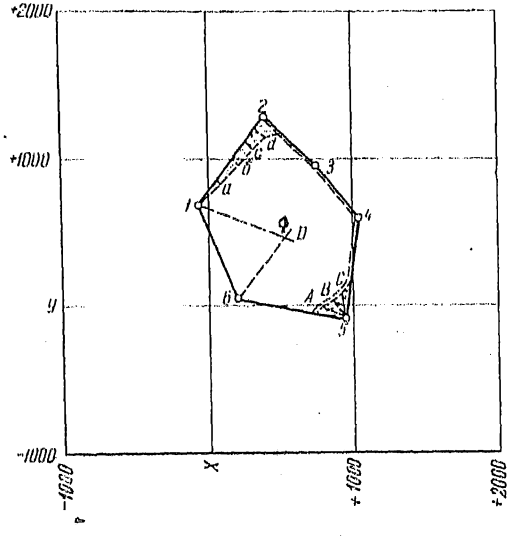


Рис. 37. Нанесение ситуации на план.

на рисунках 36, 37 видно, что внутри участка близко к линии *1—2*, начиная от точки *1*, проходит граница пашни и луга. Она была снята способом перпендикуляров, при котором из каждой характерной точки контура опускали перпендикуляры экером на линию *1—2* из точек *а, б, с, d* (рис. 36). Затем по ленте, которой измеряли линию *1—2*, определяли расстояния оснований перпендикуляров от точки *1* по направлению к точке *2* (отрезки 192,0; 367,5; 542,4; 647,3). На расстоянии 737 м отмечен выход дороги.

Длины перпендикуляров, измеренные рулеткой от оснований до точек контура, *а, б, с, d* соответственно имеют размеры: 34; 42; 62,3; 86,2.

Эти подробности наносят на план (рис. 37) в такой же последовательности, в какой выполняют их съемку. Для этого сначала на линии *1—2* от точки *1* откладывают расстояния до оснований перпендикуляров, а затем на построенных в этих точках перпендикулярах откладывают их размеры. Полученные точки соединяют от руки карандашом. На линии *2—3* от точки *2* измерено расстояние 134,7, где отмечен выход границы луга и пашни к дороге, которая идет вдоль границы участка на юго-восток, а затем поворачивает около точки *4* на юго-запад. Ширина дороги в среднем равна 8 м, что видно из промеров по перпендикуляру около точек *3* и *4*.

Граница болота, расположенного около точки *5*, снята полярным способом. Для этого из точки *5* теодолитом были измерены: 1) углы между линией *5—6* и направлением на характерные точки контура *A, B, C* и 2) расстояния от точки *5* (от инструмента) до определяемых точек; все эти данные указаны в таблице 5.

Таблица 5

Направление	Угол	Расстояние
5—6	0°00′	—
5—A	8°10′	188,5
5—B	30°14′	156,0
5—C	73°40′	183,0

Для нанесения на план точек *A, B, C* нужно транспортиром отложить указанные в таблице углы от линии *5—6* и на полученных направлениях отметить соответствующие расстояния. На линии *4—5* от точки *4* по направлению к точке *5* отложить 430 м и от точки *5* по направлению к точке *6* — 200 м; в указанных местах граница болота выходит за пределы участка.

Полученные точки *A, B, C* и места выхода болота за участок соединяют карандашом от руки. Контур луга и болота вычерчивают точечным пунктиром черной тушью. Отдельно стоящее дерево снято способом засечек, при котором из точек *1* и *6* были измерены теодолитом углы $6—1—D = 47°08'$ и $D—6—1 = 61°35'$.

На плане положение дерева определяется пересечением двух линий (*1—D*) и (*6—D*), построенных транспортиром по измеренным углам при точках *1* и *6*.

§ 18. Определение площади планиметром

Планиметр (рис. 38) состоит из двух рычагов: AB — полярного и AC — обводного, шарнирно соединенных между собой в точке A.

Для определения площади какой-либо фигуры полюс полярного рычага (груз P) ставят вне этой фигуры и в процессе работы оставляют неподвижным. Шпилем f обводного рычага всю измеряемую фигуру обводят по контуру в ту или другую сторону (желательно по часовой стрелке) до возвращения в начальную точку. Во

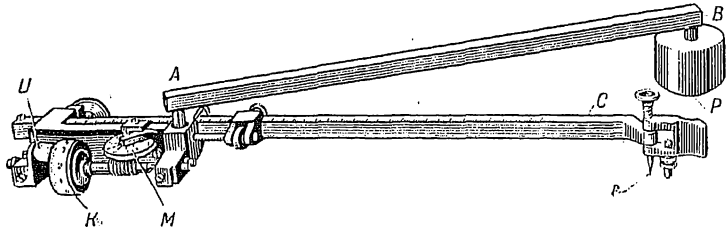


Рис. 38. Полярный планиметр.

время обвода будет изменяться отсчет на счетном механизме, установленном на обводном рычаге. Разница в отсчетах будет тем значительнее, чем больше определяемая площадь.

Для определения площади фигуры по счетному механизму берут два отсчета; один до обвода фигуры — начальный отсчет, другой — после обвода фигуры (после возвращения в начальную точку) — конечный отсчет. Разность отсчетов дает площадь данной фигуры в делениях планиметра.

Порядок записи отсчетов со счетного механизма. Полный отсчет выражается четырехзначным числом (рис. 39):

а) первая цифра берется с горизонтального кружка M, по указателю меньшая. Например, если к указателю с одной стороны подошла цифра 7, а с другой 8, то следует записать 7;

б) вторая и третья цифры берутся с вертикального колесика K. Сначала нужно заметить, какие деления вертикального колесика разместились около нуля верньера U, например 5 и 6; опять записывается меньшая

цифра, то есть 5; она же будет ниже нуля верньера. Третья цифра определяется числом маленьких целых делений вертикального колесика, помещенных между только что взятой цифрой (5) и нулевым штрихом верньера (на приводимом рисунке два деления);

в) четвертая цифра берется с верньера — записывается номер штриха, который наиболее точно совпадает с каким-либо делением вертикального колесика; наиболее точно совпадает пятый штрих верньера.

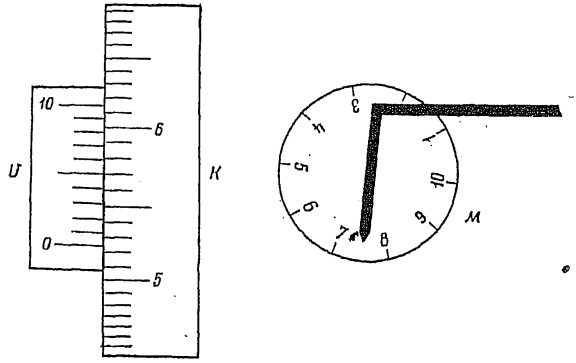


Рис. 39. Отсчет по планиметру.

Все записи по определению площади необходимо заносить в таблицу (табл. 6), в которой имеются данные для нашего примера.

Порядок измерения площадей планиметром по плану состоит в следующем.

1. Ввиду того, что планиметр дает площади участков не в единицах площади, а в делениях планиметра, необходимо узнать, какая площадь (в кв. метрах, гектарах и т. д.) соответствует одному делению планиметра, то есть нужно знать цену деления планиметра для плана в данном масштабе. *Цена деления планиметра — это число единиц площади (кв. м, га), которое соответствует одному наименьшему делению планиметра. Цена деления планиметра прямо пропорциональна длине обводного рычага и обратно пропорциональна применяемому масштабу.* Для определения цены деления планиметром обводят фигуру, площадь которой уже известна, например квадрат сетки координат.

Таблица 6

Определение площади планиметром

Наименование участка	Начальный отсчет, a	Конечный отсчет, b	Разность отсчетов, $b-a$	Средняя разность $(b-a)_{ср}$	Цена деления планиметра, p	Площадь в га, S
1	2	3	4	5	6	7
Определение цены деления планиметра	8204 9204	9 204 10 205	1000 1001	1000,5	0,1	100,00
Весь участок	8713 5217	9 667 6 174	954 957	955,5	0,1	95,55
Пашня	6115 6994	6 994 7 870	879 876	877,5	0,1	87,75
Луг	7870 7978	7 978 8 087	108 109	108,5:3= =36,17	0,1	3,62
Болото	8424 8492	8 492 8 562	68 70	69:3=23	0,1	2,30
Дорога	—	—	—	—	—	1,54

Над одной из вершин 10-сантиметрового квадрата устанавливают шпиль обводного рычага, полярный же рычаг располагают перпендикулярно обводному рычагу. При этом положении планиметра делают начальный отсчет по счетному механизму и записывают в таблицу (табл. 6), в графу 2. Затем, аккуратно взяв рукой хомутик при шпиле обводного рычага, обводят весь квадрат по контуру в направлении движения часовой стрелки так, чтобы шпиль рычага все время был точно над линией контура.

Вернувшись в исходную точку, берут отсчет по счетному механизму и записывают в графу 3. Вычитая из конечного отсчета начальный, получают площадь квадрата в делениях планиметра (графа 4).

Для контроля работы обвод нужно повторить с записью начального и конечного отсчетов.

Обводить фигуру можно и против хода часовой стрелки, но в этом случае нужно из начального отсчета вычитать конечный.

Например, получены разности отсчетов 1001 и 1000. Расхождение между полученными результатами не должно превышать 0,5% среднего размера площади. Так как средняя площадь равна 1000,5 деления планиметра, то 0,5% будет равняться пяти делениям. В данном при-

мере расхождение получилось на одно деление, то есть допустимое, поэтому в графу 5 нужно записать 1000,5, что представляет среднюю площадь 10-сантиметрового квадрата в делениях планиметра.

В фигурах, площади которых меньше 200 делений планиметра, расхождение можно допустить до двух делений.

Площадь квадрата со стороной 10 см в масштабе 1:10 000 будет 100 га.

Отсюда цена деления планиметра $p=\frac{100}{1000,5}=0,09995$ (записывается в графу 6).

При масштабе, более крупном, например 1 : 5000, этому же 10-сантиметровому квадрату соответствовала бы меньшая площадь, то есть 25 га, а отсюда и цена деления планиметра уменьшилась бы в 4 раза.

Цена деления планиметра определяется до четырех значащих цифр. Перед определением цены деления планиметра нужно записать длину обводного рычага, так как с изменением его размера меняется и цена деления. Из теории планиметра известно, что цена деления выражается формулой:

$$p=R\cdot t,$$

где R — длина обводного рычага; t — точность верньера.

Зная зависимость, можно, меняя длину рычага, добиться такой цены деления, которая выражалась бы круглым числом, что очень удобно при определении площади достаточно большого количества фигур.

2. По порядку, указанному выше, нужно измерить планиметром площади всех фигур: всего участка по внешнему контуру и отдельных фигур, входящих в этот участок (луг, лес, водоемы и т. д.). Каждая фигура обводится не менее двух раз. Нужно следить, чтобы расхождение между двойными определениями не превышало 0,5% площади этой фигуры. Площади маленьких фигур (значительно меньше 200 делений планиметра) следует определять способом повторений, при котором берутся отсчеты: начальный — до обвода и конечный — после нескольких обводов (например, 3—4 обвода). Такое определение площади нужно проделать минимум два раза, чтобы расхождение в результатах не превысило двух делений планиметра.

В приводимом примере способом повторений были определены площади луга и болота после трехкратного

обвода каждого контура. Были получены результаты для луга 108 и 109 делений, а для болота 68 и 70 делений; расхождение оказалось допустимым. Средние величины 108,5 и 69 делений были разделены на число обводов, то есть на 3, и результаты умножены на цену деления планиметра. Таким образом, площадь луга оказалась равной 3,62 га, а болота — 2,30 га.

Для того чтобы расхождения между отдельными определениями не превышали допустимых размеров, необходимо соблюдать некоторые практические указания:

а) план помещают на горизонтальную поверхность (чертежная доска) и укрепляют на ней;

б) при определении площади любой фигуры обводный и полярный рычаги до обвода фигуры и после него, то есть когда берутся отсчеты начальный и конечный, должны быть взаимно перпендикулярны. Полюс полярного рычага устанавливают вне фигуры;

в) во время обвода угол между рычагами не должен быть острым или же очень большим (около 180°); нужно стремиться, чтобы он был близок к прямому, для чего следует предварительно обвести фигуру планиметром и убедиться в соблюдении этого условия;

г) если при отсчете по горизонтальному кружку M к указателю подойдет близко какая-либо цифра, то записывают ее только в том случае, если на вертикальном колесике стоит малая цифра (1 или 2); если же на вертикальном колесике стоит большая цифра (8 или 9), то с горизонтального кружка следует взять предыдущую цифру;

д) если при обводе фигуры по часовой стрелке конечный отсчет получился меньше начального, то это значит, что горизонтальный кружок сделал полный оборот и счет от нуля начался снова; в таком случае нужно ко второму отсчету прибавить полный отсчет по планиметру, то есть 10 000, и только тогда из второго отсчета вычитать первый.

3. После определения площадей всех угодий производят увязку площади, для чего нужно определить сумму площадей угодий внутри участка и сравнить ее с площадью всего участка, измеренной сначала. Невязка $f_s = \Sigma_s$ (по угодьям) минус S_l (общий обвод). Расхождение (невязка) не должно быть более 0,5% величины всей площади.

4. Полученную невязку распределяют на площади всех угодий пропорционально их размерам. Знак поправки противоположен знаку невязки, и тогда сумма исправленных площадей угодий будет равна площади всего участка, измеренного отдельно. Площадь с учетом поправки определяют по следующей схеме (в ней разбирается наш пример).

Таблица 7

Наименование угодий	Площадь, в га	Поправка	Исправленная площадь, в га
Весь участок	95,55	—	95,55
Пашня	87,75	+0,32	88,07
Луг	3,62	+0,01	3,63
Болото	2,30	+0,01	2,31
Дорога	1,54	—	1,54
Итого	95,21	+0,34	95,55

Невязка $f_s = 95{,}21 - 95{,}55 = -0{,}34$ га.

Для подсчета поправок узнаем долю невязки, приходящуюся на 1 га, из выражения:

$$\frac{0{,}34}{95{,}55} = 0{,}0036.$$

Чтобы получить невязку на каждое отдельное угодье, нужно величину 0,0036 умножить на количество гектаров в каждом угодье. На плане вычерчивают таблицу площадей угодий (экспликация).

§ 19. Проектирование полей севооборота

На рисунке 40 дан образец выполненной работы по проектированию полей севооборота. На площади пахотной земли, показанной на плане, должны быть запроектированы поля севооборота. Число полей устанавливается по заданию.

При проектировании необходимо, чтобы:

а) поля севооборота были по возможности одинаковы по площади. Допускаются отклонения от среднего размера поля в пределах 0,5%. В отдельных случаях (при разрозненной ситуации или при неравноценной почве), чтобы сборы урожая оставались одинаковыми, эти отклонения могут быть увеличены до 10%;

б) размеры сторон и форма полей были приспособлены к правильной механизации полевых работ.

Необходимо обеспечить параллельность длинных сторон поля, чтобы форма полей была близка к прямоугольнику. Размеры сторон прямоугольника определя-

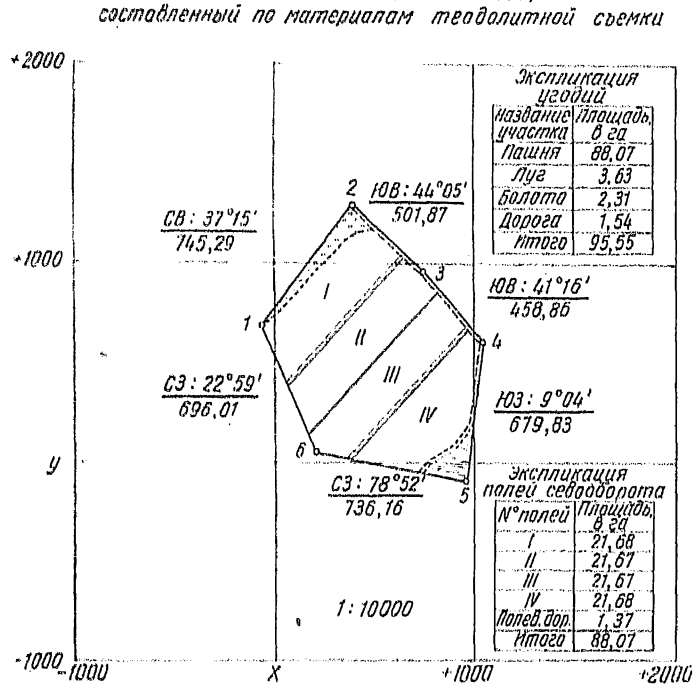


Рис. 40. Образец работы по проектированию полей севооборота.

ются отношением длины поля к его ширине. Это отношение должно соблюдаться в пределах 4:1—8:1;

в) поля были обеспечены дорожной сетью из расчета одна дорога на два поля. Ширина дороги 8—10 м (условная).

Порядок проектирования. 1. Подсчитывают приблизительно площадь полевых дорог, которые должны быть запроектированы, и исключают ее из площади всей пахотной земли (исправленной площади); для на-

шего примера имеем: 88,07—1,34 (проектируемые дороги между I—II и III—IV полями) = 86,73 га.

2. Оставшуюся пахотную землю делят на число полей предлагаемого севооборота (например, на четыре) и узнают средний размер поля: 86,73:4 = 21,68 га.

3. Если считать, что в среднем точность определения площади планиметром равна 0,5% площади участка, то можно узнать, в каких пределах должны быть площади нарезаемых полей. Например, 0,5% от размера среднего поля 21,68 га будет 0,10 га. Отсюда самое большое поле может быть 21,68 + 0,10 = 21,78 га, а самое малое поле 21,68 − 0,10 = 21,58 га.

4. Границу поля I на плане наносят приблизительно с выделением на глаз $^1/_4$ общего массива, с соблюдением прямоугольной формы.

5. Площадь выделенного участка поля I определяют планиметром (не менее двух раз). Выясняют, насколько поле больше или меньше среднего. Если расхождение получается в пределах 0,5%, то граница поля остается на установленном месте; если же расхождение больше, то первоначально нанесенная граница должна быть передвинута в ту или другую сторону на площадь, недостающую или избыточную относительно среднего размера поля. Это перемещение границы можно рассчитать, предполагая, что линия сдвигается параллельно первоначальному направлению и что она или добавит, или отнимет небольшой участок, по форме близкий к прямоугольнику.

Длинная сторона этого прямоугольника l может быть определена по масштабной линейке, а короткую b, то есть сдвиг, вычисляют из формулы площади прямоугольника:

$$b = \frac{S}{l},$$

где S — избыточная или недостающая площадь, в м^2.

6. После вычисления величины b границу поля передвигают на эту величину.

7. Площадь запроектированного поля проверяют планиметром по новой границе и в том случае, если она не будет выходить за пределы установленных размеров, заносят в экспликацию полей севооборота.

8. Если по границе этого поля проектируется дорога, то ее ширину 8 м откладывают по масштабной линейке.

9. От второй стороны дороги проектируют следующее поле, также путем подбора соответствующего размера, с проверкой планиметром.

10. Последнее поле определяют планиметром, как и все остальные. Его площадь также не должна отличаться от среднего размера поля больше чем на установленную величину.

11. Берут сумму всех полей и запроектированных дорог, измеренных графически заново, и сравнивают с ранее определенной площадью всей пахотной земли. Невязка не должна превышать 0,5% всей площади пашни. Полученную невязку распределяют на все поля поровну (до сотых долей га).

12. Составляют таблицу экспликации полей севооборота (табл. 8).

Таблица 8

№ полей	Площадь, в га	Поправка, в га	Исправленная площадь, в га
I	21,65	+0,03	21,68
II	21,65	+0,02	21,67
III	21,65	+0,02	21,67
IV	21,65	+0,03	21,68
Полевые дороги	1,37	—	1,37
Итого	87,97	0,10	88,07

Невязка 87,97—88,07 = —0,10.

13. На плане вычерчивают графы 1 и 4 этой таблицы.

Оформление плана. Весь план вычерчивают черной тушью, площади контуров различных угодий обозначают условными знаками. Сверху плана дают заголовок «План части земель колхоза... области... района, полученный по материалам теодолитной съемки». Внизу плана подписывают масштаб, с боков размещают две таблицы: экспликация угодий и экспликация полей севооборота. Вокруг всего плана, включая и сетку координат, делают черной тушью рамку.

Контрольные вопросы

1. Какие данные получают в результате полевых измерений при теодолитной съемке?
2. Угловая невязка и ее распределение.

3. Чем отличается дирекционный угол от азимута и как вычисляются дирекционные углы?

4. Для чего и как вычисляют приращения координат?

5. Что служит контролем вычисления приращений координат в замкнутой фигуре?

6. Формула абсолютной невязки в приращениях координат и ее геометрическое значение.

7. Распределение невязки в приращениях.

8. Как контролируется построение координатной сетки?

9. Как контролируется нанесение точек по координатам?

10. Как наносят на план подробности местности?

11. Что такое цена деления планиметра и как она определяется?

12. От чего зависит цена деления планиметра?

13. Какая точность определения площади планиметром?

14. Как делится площадь фигуры на равные участки при помощи планиметра?

15. Какие условия должны соблюдаться при проектировании полей севооборота?

Примеры на вычисление координат точек теодолитного хода

№ вершин	Внутренние углы (измеренные)	Длины сторон	№ вершин	Внутренние углы (измеренные)	Длины сторон
	Пример 1			Пример 4	
1	79°22′	960,92	1	97°24′,5	804,49
2	132°48′	599,42	2	125°04′,5	752,90
3	91°01′	485,10	3	105°49′	1019,20
4	141°57′	860,14	4	97°55′	842,40
5	94°55′	874,92	5	113°50′	977,92
1			1		
	Пример 2			Пример 5	
1	122°00′	801,69	1	69°57′	502,30
2	51°31′	693,76	2	137°25′	416,19
3	200°36′	816,05	3	112°37′	400,44
4	47°56′	905,72	4	142°34′	415,86
5	117°55′	631,59	5	77°25′	938,40
1			1		
	Пример 3			Пример 6	
1	94°05′	440,86	1	85°29′	661,27
2	143°07′	432,05	2	90°40′,5	777,98
3	44°22′	295,82	3	68°38′	316,52
4	217°53′	788,58	4	245°36′	422,49
5	40°35′	861,25	5	49°39′	967,20
1			1		

№ вершин	Внутренние углы (измеренные)	Длины сторон
	Пример 7	
1	62°07′	911,50
2	109°48′	960,84
3	56°28′	897,19
4	131°35′	781,52
1		
	Пример 8	
1	86°21′	442,51
2	97°26′	889,31
3	62°51′	544,83
4	113°24′,5	698,64
1		
	Пример 9	
1	109°26′	508,27
2	74°21′	849,25
3	75°42′	544,99
4	100°33′	578,49
1		
	Пример 10	
1	89°59′	450,15
2	103°15′	938,51
3	67°41′	673,82
4	99°02′,5	807,00
1		
	Пример 11	
1	140°57′	606,24
2	72°58′	695,20
3	110°34′	441,84
4	249°56′	603,58
5	43°47′	874,41
6	101°45′	785,40
1		
	Пример 12	
1	112°57′	849,25
2	102°26′	881,00
3	129°38′	849,50
4	124°35′	494,60
5	117°55′	823,76
6	132°26′	818,15
1		

№ вершин	Внутренние углы (измеренные)	Длины сторон
	Пример 13	
1	90°55′	574,07
2	98°14′	906,62
3	131°25′	681,80
4	118°21′	782,00
5	60°45′	742,77
6	220°18′	695,99
1		
	Пример 14	
1	152°21′	608,35
2	104°28′	287,83
3	116°37′	894,90
4	133°06′	462,94
5	109°04′	532,38
6	104°26′	650,58
1		
	Пример 15	
1	84°51′	699,28
2	144°43′	693,80
3	82°42′	411,90
4	218°15′	414,55
5	76°50′	921,74
6	112°42′	844,32
1		
	Пример 16	
1	83°14′	620,49
2	109°01′	564,76
3	101°47′	806,10
4	65°56′	953,50
1		
	Пример 17	
1	123°10′	496,49
2	125°24′	715,01
3	83°46′	981,96
4	104°56′	641,14
5	102°41′	719,60
1		
	Пример 18	
1	78°57′	522,58
2	138°46′	738,64
3	76°28′	498,32
4	232°08′	289,96
5	71°53′	519,68
6	121°45′	897,00
1		

Продолжение

№ вершин	Внутренние углы (измеренные)	Длины сторон	№ вершин	Внутренние углы (измеренные)	Длины сторон
Пример 19			Пример 20		
1	86°48′	475,38	*1*	84°52′	798,20
2	89°42′	449,62	*2*	126°50′	533,60
3	290°45′	232,32	*3*	104°23′	520,14
4	115°51′	403,72	*4*	215°39′	681,32
5	91°09′	523,75	*5*	52°38′	880,40
6	88°24′	842,98	*6*	135°37′	946,00
7	137°24′	446,80	*1*		
1					

Глава IV

ОБРАБОТКА ЖУРНАЛА ПРОДОЛЬНОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ И ПОСТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ

Настоящее задание состоит из трех частей и заключается в следующем.

1. По журналу продольного нивелирования надо вычислить отметки всех пронивелированных точек и провести контроль вычислений.

2. На основании обработанного журнала вычертить продольный профиль линии хода и поперечник.

3. На профиль нанести проектную линию, вычислить рабочие отметки и определить местоположение нулевых точек.

При продольном нивелировании на линии хода разбивают пикетаж, то есть, на местности намечают и закрепляют через каждые 100 м точки, называемые пикетными.

Если скат между соседними пикетами имеет переломы, то между этими пикетами в характерных местах рельефа намечают точки, которые называют плюсовыми.

После закрепления точек на линии хода приступают к их нивелированию.

По пикетным точкам прокладывают нивелирный ход; каждую пару соседних пикетных точек нивелируют по способу «из середины» с одной станции при двух горизонтах инструмента. Плюсовые точки нивелируют только при втором горизонте.

Все отсчеты по рейкам, полученные во время нивелирования, записывают в соответствующие графы полево-

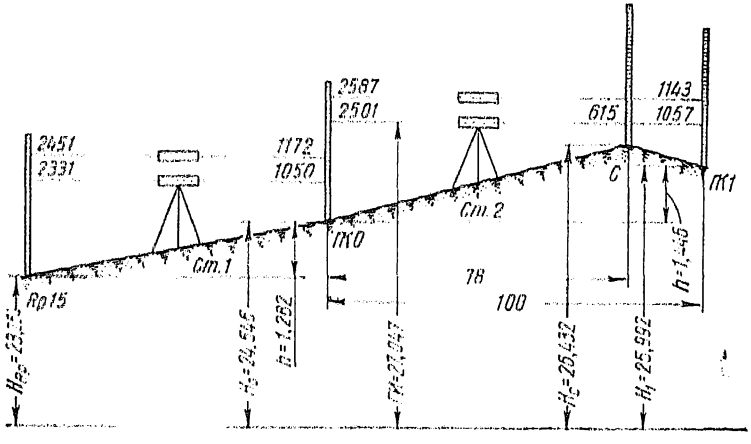


Рис. 41. Схема расположения нивелира и реек при нивелировании трассы.

го журнала. На рисунке 41 показана схема расположения инструмента и реек при нивелировании некоторой части хода; ниже приведен полевой журнал применительно к этой схеме.

§ 20. Обработка полевого журнала

Конечной целью обработки нивелирного журнала является получение отметок всех пронивелированных точек. Журнал продольного нивелирования обрабатывают в такой последовательности.

Вычисление превышений между всеми пикетными и иксовыми точками. Так как пикетные точки нивелировались по способу «из середины», то превышение между ними вычисляют по формуле:

$$h = a - b,$$

где h — превышение; a — отсчет на заднюю рейку; b — отсчет на переднюю рейку.

В приведенном примере на станции 1 превышение между репером 15 и ПК 0 при первом горизонте инструмента будет равно:

$$h = 2451 - 1172 = +1279 \text{ мм};$$

Нивелирный журнал

№ станций	№ пикетов, реперов и промежуточных точек	Отсчеты по рейке: задние	Отсчеты по рейке: передние	Отсчеты по рейке: промежуточные	Превышение: +	Превышение: −	Средние превышения: +	Средние превышения: −	Горизонт инструмента	Условные отметки, в мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Rp 15	2451					+2			23,264
		2331			1279		1280			
	ПК 0		1172		1281					24,546
			1050							
2	ПК 0	2587					+2			24,546
		2501			1444		1444			
	+78			615	1444				27,047	26,432
	ПК 1		1143							25,992
			1057							
3	ПК 1	534								25,992
		611								
	Пр. 12			1842				+2		22,761
	Пр. 20			1675		1442		1441	26,603	24,928
	Лев. 6			1067		1440				25,536
	Лев. 20			2814						23,789
	ПК 2		1976							24,553
			2051							
4	ПК 2	480						+2		24,553
		508				1235		1234		
	+40			2011		1233			25,061	23,050
	ПК 3		1715							23,321
			1741							
5	ПК 3	1816					+2			23,321
	+67	1790			295		294			
				2367	293				25,111	22,744
	ПК 4		1521							23,617
			1497							
6	ПК 4	2884					+2			23,617
		2716			2073		2074			
	X		811		2075					
			641							25,693
7	X	2445					+1			25,693
		2490			1461		1461			
	ПК 5		984		1461					27,155
			1029							
8	ПК 5	1750					+1			27,155
		1681			763		764			
	Rp 16		987		765					27 920
			921							

Контроль: $\frac{29\,580-20\,296}{2}=4642$; 7317 2675 7317−2675=4642

27,920
−
23,264
4,656

Невязка $\Delta h = 4642-4656 = -14$ мм.

при втором горизонте:

$$h = 2331 - 1050 = +1281 \text{ мм}.$$

Расхождение в полученных превышениях между одними и теми же точками при двух положениях инструмента допускается не более 5 мм. Так как в нашем примере эта разница (1281 — 1279 = 2 мм) получилась допустимой, то оба вычисленных значения превышения записывают в графу 6 журнала, затем из этих значений превышения вычисляют среднее арифметическое и записывают его в графу 8.

В том случае, если задний отсчет меньше переднего, превышения получаются отрицательные и их записывают в графы 7 и 9.

Таким способом вычисляют превышения между пикетными точками на всех станциях.

В разбираемом примере ПК 4 и ПК 5 нельзя было пронивелировать с одной станции при установке нивелира посредине вследствие большой крутизны ската, так как луч визирования проходил выше и ниже реек (рис. 42).

В таких случаях приходится нивелировать по частям посредством введения *иксовой* точки. Между ПК 4 и ПК 5 была закреплена точка, называемая x. Станция 6 взята между ПК 4 и x, а станция 7 между x и ПК 5. В процессе обработки журнала отметку иксовой точки вычисляют так же, как и пикетной. Если в этом случае между пикетными точками есть плюсовая точка, то ее нивелируют, как пикетную, вместо иксовой.

Контроль вычисления превышений.

Сущность контроля заключается в следующем. Разность между суммой всех задних отсчетов на данной странице журнала и суммой всех передних отсчетов должна быть точно равна удвоенной алгебраической сумме всех средних превышений. Следовательно, для контроля вычислений необходимо:

1. Найти сумму всех задних отсчетов Σa, то есть сложить все отсчеты в графе 3.

2. Найти сумму всех передних отсчетов Σb, то есть сложить все отсчеты в графе 4.

3. Вычислить разность между этими суммами.

4. Сложить все положительные средние превышения (графа 6) и все отрицательные (графа 7) и найти разницу между ними.

В нашем примере

$$\Sigma a - \Sigma b = 29\,580 - 20\,296 = +9284;$$

$$\Sigma h = 7317 - 2675 = +4642.$$

Следовательно, превышения между пикетными и иксовыми точками вычислены правильно. Контролируется каждая страница, поэтому такой контроль называют постраничным.

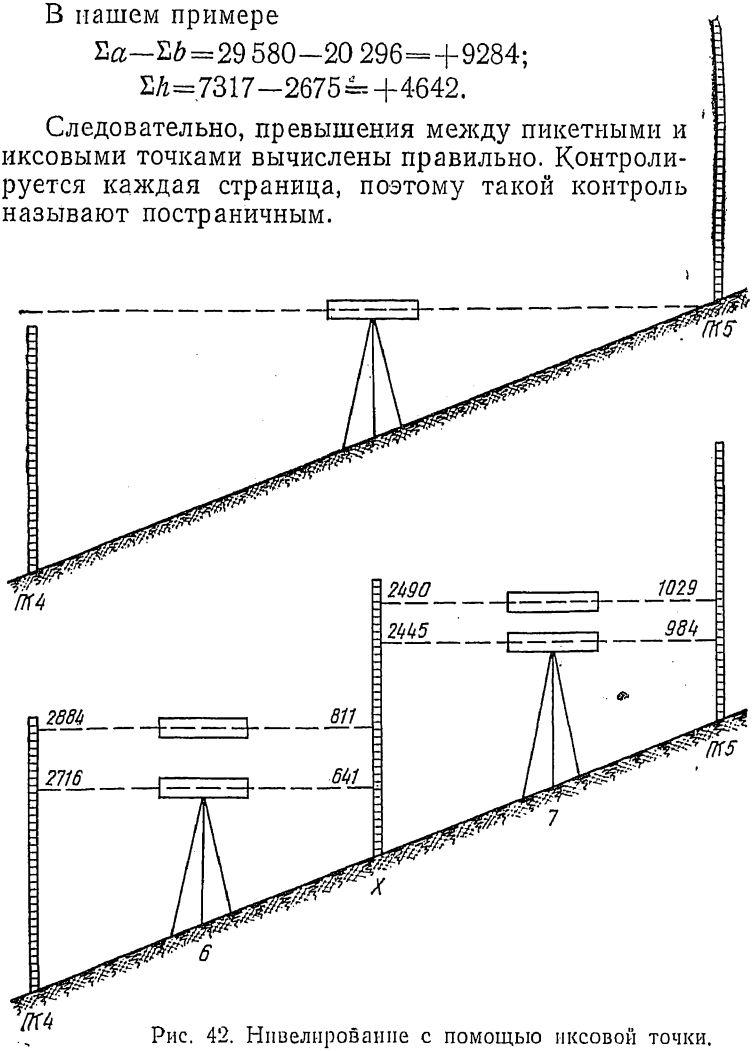


Рис. 42. Нивелирование с помощью иксовой точки.

Вычисление невязки в превышениях и ее распределение. Полученная алгебраическая сумма всех средних превышений теоретически должна быть равна разности отметок конечного и начального репера. Практически же вследствие ошибок измерений получается невязка, которую подсчитывают по формуле:

$$\Delta h = \Sigma h_{ср} - (H_n - H_1).$$

Невязка равна разности между алгебраической суммой средних превышений и разностью отметок конечного и начального репера.

В разбираемом примере невязка получилась равной:

$$+4642 - (27\,920 - 23\,264) = +14 \text{ мм}.$$

Допустимость невязки проверяют по формуле:

$$\Delta h_{доп} = 20 \text{ мм} \sqrt{L},$$

где L — число километров нивелирного хода.

В нашем примере допустимая невязка равна:

$$\Delta h_{доп} = 20\sqrt{0{,}7} = \pm 17 \text{ мм}.$$

Полученная невязка 14 мм меньше допустимой 17 мм; следовательно, ее можно распределять. Невязку распределяют по возможности равными долями, по всем превышениям, округляя до целых миллиметров. Сумма всех поправок должна быть равна величине невязки.

Полученные поправки подписывают над каждым средним превышением со знаками, обратными невязке. Для получения исправленных (увязанных) превышений к вычисленным превышениям алгебраически прибавляют поправки.

Вычисление отметок пикетных и иксовых точек. Отметки всех пикетных и иксовых точек вычисляют последовательно от заданной отметки начального репера по превышениям, по формуле $H_n = H_{n-1} + h_{испр}$, то есть *отметка точки последующей равна отметке точки предыдущей плюс соответствующее исправленное превышение между этими точками.* В разбираемом примере исходная отметка репера 15 была задана 23,264 м; отметка ПК 0 равна:

$$H_0 = 23{,}264 + 1{,}282 = 24{,}546 \text{ м};$$

отметка ПК 1:

$$H_1 = 24{,}546 + 1{,}446 = 25{,}992 \text{ м};$$

отметка ПК 2:

$$H_2 = 25{,}992 - 1{,}439 = 24{,}553 \text{ м};$$

отметка точки x:

$$H_x = 23{,}617 + 2{,}076 = 25{,}693 \text{ м};$$

отметка ПК 5:

$$H_5=25{,}693+1{,}462=27{,}155 \text{ м.}$$

Следует помнить, что отметки выражаются в метрах, а вычисленные в журнале превышения получаются в миллиметрах, поэтому при вычислении отметок превышения необходимо выражать в метрах.

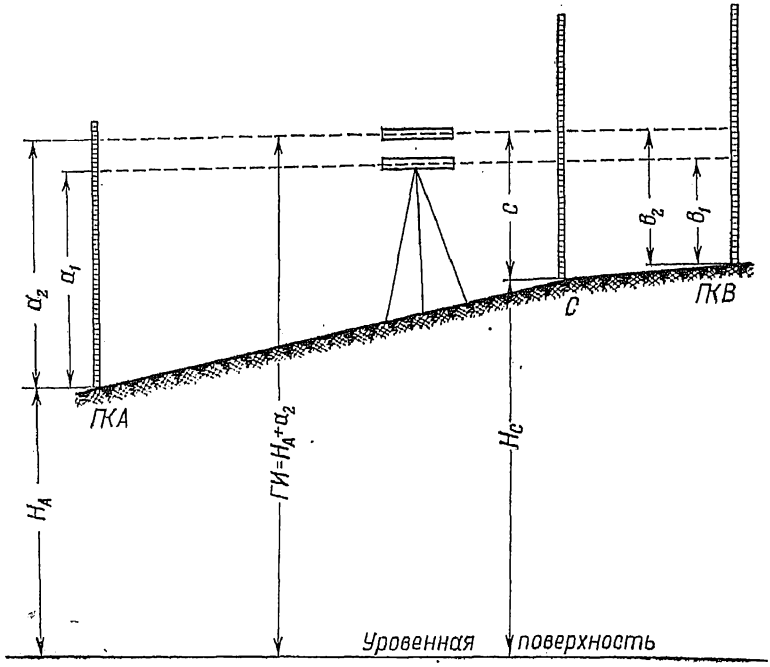


Рис. 43. Нивелирование промежуточных точек и подсчет их высот.

Вычисление отметок плюсовых точек и точек поперечников. Отметки этих точек определяют *методом горизонта инструмента.*

Горизонтом инструмента называется высота луча визирования над уровенной поверхностью, или отметка луча визирования.

На рисунке 43 видно, что горизонт инструмента равен:

$$ГИ=H_A+a_2,$$

где H_A — отметка заднего пикета; a_2 — отсчет по рейке на этот пикет, взятый при втором горизонте.
Отметка плюсовой точки c равна:

$$H_c = ГИ - c,$$

где c — отсчет по рейке на данную плюсовую точку.

Так как все плюсовые точки всегда нивелируют при втором горизонте инструмента, то для вычисления горизонта инструмента на станции надо пользоваться отсчетами, полученными при втором горизонте.

Графу 10 журнала заполняют только для тех станций, с которых нивелировали плюсовые точки или поперечники. Для станции 2 горизонт инструмента будет равен:

$$ГИ_2 = 24{,}546 + 2{,}501 = 27{,}047 \text{ м}.$$

Отметка плюсовой точки ПК 0+78 определится как разность между этим горизонтом и отсчетом по рейке на плюсовую точку, или

$$H_c = 27{,}047 - 0{,}615 = 26{,}432 \text{ м}.$$

Так же вычисляют отметки всех остальных плюсовых точек.

Чтобы выяснить характер рельефа местности, прилегающей к оси нивелирного хода, нивелируют поперечники. Точки поперечников нивелируют так же, как и промежуточные точки,— один раз со второго горизонта инструмента.

В разбираемом примере поперечник был разбит на ПК 1 и пронивелирован со станции 3. Перпендикулярно оси нивелирного хода на пикете 1 была разбита линия и на ней в характерных местах рельефа были намечены точки, расстояния до которых от ПК 1 измерялись лентой или рулеткой. После того как со станции 3 были пронивелированы ПК 1 и ПК 2, были сделаны отсчеты по рейкам на точки поперечника при втором горизонте инструмента, которые записаны в графу 5 нивелирного журнала. На точку, расположенную вправо от оси нивелирного хода на 12 м (Пр. 12), был получен отсчет 1842 (см. нивелирный журнал), на точку вправо от оси на 20 м (Пр. 20) — 1675, влево на 6 м (Лев. 6) — 1067 и влево на 20 м (Лев. 20) — 2814. Горизонт инструмента при втором его положении на этой станции равен:

$$ГИ_3 = 25{,}992 + 0{,}611 = 26{,}603 \text{ м};$$

отметка точки Пр. 12 равна:

$$26{,}603-1{,}842=24{,}761 \text{ м};$$

отметка точки Пр. 20 равна:

$$26{,}603-1{,}675=24{,}928 \text{ м};$$

отметка точки Лев. 6 равна:

$$26{,}603-1{,}067=25{,}536 \text{ м};$$

отметка точки Лев. 20 равна:

$$26{,}603-2{,}814=23{,}789 \text{ м}.$$

§ 21. Построение продольного профиля

После вычисления по журналу отметок всех пронивелированных точек приступают к построению продольного профиля и поперечников.

Профиль — это чертеж, изображающий вертикальный разрез земной поверхности вдоль линии нивелирного хода.

Профиль строят на миллиметровой бумаге, на которой все размеры откладывают без измерителя. Для построения профиля надо в принятом масштабе для горизонтальных линий отложить все горизонтальные расстояния между пронивелированными точками, а в вертикальных направлениях — все отметки этих точек в другом масштабе — для вертикальных линий.

Масштабы для горизонтальных линий в зависимости от вида профиля берут следующие: 1:1000, 1:2000, 1:5000, 1:10 000.

Масштаб для вертикальных линий обычно принимают в 10 раз крупнее масштаба для горизонтальных линий, благодаря чему профиль приобретает бо́льшую наглядность.

Для учебной работы рекомендуется масштаб для горизонтальных линий 1:2000, а для вертикальных 1:200.

Профиль строят в следующем порядке.

Вычерчивание карандашом профильной сетки. Профильная сетка состоит из ряда горизонтальных линий и имеет различные графы. Для данной работы рекомендуется расположение граф и их размеры взять согласно рисунку 44.

Верхнюю линию профильной сетки (то есть верхнюю линию графы «Уклоны проектной линии») следует сов-

местить с одной из толстых линий на миллиметровой бумаге, а нижняя линия графы сетки должна отстоять от нижнего края листа на 4—5 см.

Заполнение графы «Расстояния». В этой графе откладывают в принятом для горизонтальных линий масштабе расстояния между пикетными точками.

В масштабе 1:2000 стометровые расстояния между соседними пикетами будут изображены отрезками в 5 см.

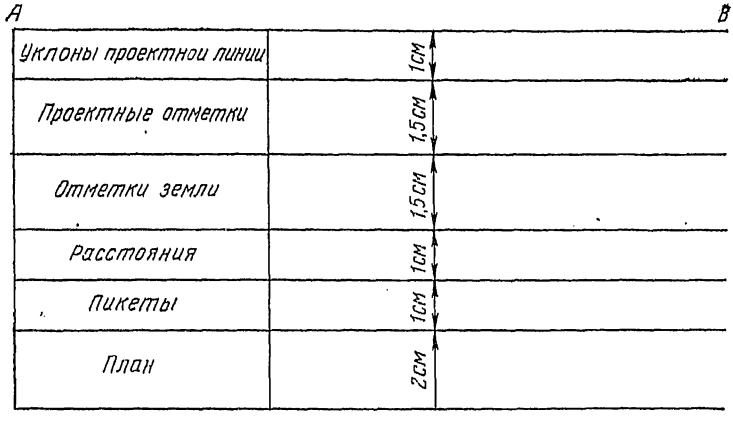


Рис. 44. Образец профильной сетки.

В промежутках между пикетами наносят в том же масштабе и подписывают все расстояния между плюсовыми точками и пикетами. Иксовые точки на профиль не наносят. Затем под этой графой подписывают номера пикетов.

Заполнение графы «Отметки земли». В эту графу выписывают из журнала вычисленные отметки пикетных и плюсовых точек с округлением их до сотых долей метра. Например, если вычисленная по журналу отметка ПК 0 равна 24,546, то на профиле против ПК 0 нужно подписать 24,55.

Нанесение пикетных и плюсовых точек по их отметкам. Для того чтобы профиль на бумаге не получился по высоте чрезмерно большим, принимают линию *AB*, являющуюся верхней границей графы «Уклоны проектной линии», за условный горизонт. Отметку условного горизонта обычно намечают в целых десятках метра ниже самой низкой точки на профиле.

Отметки всех точек откладывают в выбранном для вертикальных линий масштабе от линии условного горизонта на вертикалях, проведенных через эти точки выше линии AB. Соединив по линейке полученные на вертикалях точки, получают профиль трассы.

Например, отметка ПК 0 равна 24,55 м, отметка условного горизонта 10 м; следовательно, ПК 0 должен быть расположен выше линии условного горизонта на $24{,}55-10=14{,}55$ м, то есть в принятом для вертикальных линий масштабе 1:200 надо отложить от условного горизонта 7,27 см, или 7 см и 2,7 мм.

Составление плана местности. План местности наносят по пикетажной книжке в принятом для данного профиля масштабе для горизонтальных линий в соответствующей графе профильной сетки.

§ 22. Проведение проектной линии

Чтобы иметь представление о характере и размерах предстоящих земляных работ, а также для строительных целей необходимо на профиль нанести проектную линию будущего сооружения.

Проектная линия на профиле строится по ее отметкам, которые необходимо предварительно вычислить и подписать против каждой из нанесенных на профиле точек в соответствующей графе профильной сетки. Исходным материалом для вычисления проектных отметок являются: заданная проектная отметка начальной точки, заданные уклоны и длина проектной линии.

Следует помнить, что уклон линии соответствует тангенсу угла наклона этой линии, или, как видно из рисунка 45, уклон представляет собой отношение превышения к горизонтальному проложению линии:

$$i=\operatorname{tg}\alpha=\frac{h}{d},$$

где i — продольный уклон линии AB; α — угол наклона линии AB к горизонту; h — превышение между точками A и B; d — горизонтальное проложение линии AB.

Если известен уклон i и горизонтальное проложение d, то превышение между точками A и B будет равно:

$$h=i\cdot d.$$

Следовательно, если отметка точки A известна, то отметка точки B вычисляется так:

$$H_B = H_A \pm h, \text{ или } H_B = H_A \pm id.$$

Проектная отметка последующей точки равна проектной отметке предыдущей точки плюс или минус произведение заданного уклона на горизонтальное проложение линии между этими точками. Знак плюс берется в том случае, если проектная линия идет с подъемом, а знак минус, если она имеет спуск.

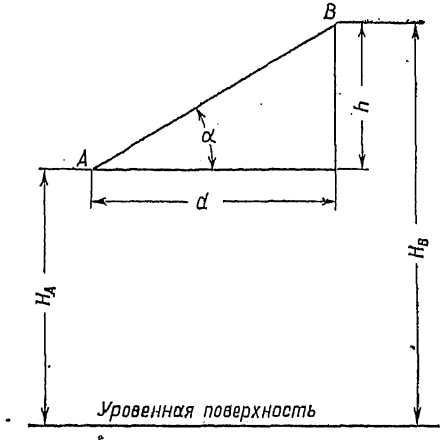


Рис. 45. Вычисление проектных отметок.

В основу выбора уклонов отдельных участков проектной линии и ее начальной отметки должны быть положены следующие соображения: 1) проектная линия должна быть проведена так, чтобы объем земляных работ был минимальным; 2) количество земляных работ по выемкам и по насыпям должно быть по возможности одинаковым, чтобы землю из выемок можно было использовать для насыпей; 3) уклоны, выбранные для проектной линии, должны быть в пределах величин, рекомендуемых техническими условиями для данного сооружения.

Для земляных канав рекомендуют уклоны в пределах 0,0005—0,003. Для грунтовых дорог максимально допустимые уклоны, в зависимости от местных условий, колеблются в пределах 0,06—0,08.

В данной работе уклоны и размеры проектной линии и ее начальная отметка намечаются по заданию. После выбора уклонов их необходимо выписать в соответствующую графу на профиле (рис. 44, 47). В графе «Уклоны проектной линии» число, стоящее над чертой, выражает уклон в десятичной дроби, а число под чертой показывает длину участка, на котором проектная линия проходит с указанным уклоном.

Наклон черты, разделяющий эти два числа, указывает на подъем или спуск проектной линии на данном участке.

В рассматриваемом примере (рис. 47) проектная линия от ПК 0 на участке в 240 м имеет спуск с уклоном 0,012; далее на участке в 160 м дана горизонтальная площадка (уклон равен нулю) и на конечных 100 м — подъем с уклоном 0,028. Исходная проектная отметка нулевого пикета была принята 26,50 м.

Проектные отметки пикетных и плюсовых точек вычислялись следующим образом:

$$H_{ПК0+78}=H_{ПК0}-id=26{,}50-0{,}012\cdot 78=25{,}56 \text{ м};$$

$$H_{ПК1}=26{,}50-0{,}012\cdot 100=25{,}30 \text{ м};$$

$$H_{ПК2}=25{,}30-0{,}012\cdot 100=24{,}10 \text{ м};$$

$$H_{ПК2+40}=24{,}10-0{,}012\cdot 40=23{,}62 \text{ м};$$

$$H_{ПК2+40}=H_{ПК3}=H_{ПК3+67}=H_{ПК4}=23{,}62 \text{ м};$$

$$H_{ПК5}=23{,}62+0{,}028\cdot 100=26{,}42 \text{ м}.$$

Вычисленные таким путем отметки подписывают на профиле в графе «Проектные отметки» вертикально против соответствующих им точек.

Отметки проектной линии откладывают от условного горизонта в масштабе, принятом для вертикальных линий, так же, как и отметки земли. Для проведения проектной линии нет необходимости откладывать все подписанные на профиле отметки, достаточно отложить только те, которые расположены в точках изменения уклонов. Соединив по линейке точки, полученные после нанесения на профиль указанных отметок, получают проектную линию.

Определение рабочих отметок. Высоты насыпей и глубины выемок на данных точках профиля называются рабочими отметками.

Рабочие отметки вычисляют как разность между проектной отметкой и отметкой земли одной и той же точки.

Рабочие отметки выписывают около проектной линии на вертикалях соответствующих им точек: в случае насыпи — над проектной линией, а в случае выемки — под проектной линией. В рассматриваемом примере высота насыпи на ПК 0 получилась равной 26,50 — 24,55 = 1,95 м, а глубина выемки на ПК 0+78 равна 26,43 — 25,56 = 0,87 м.

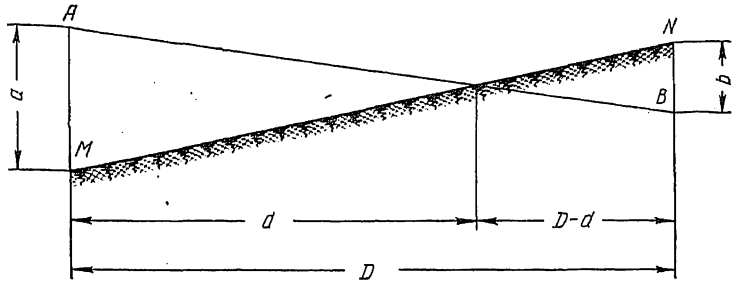


Рис. 46. Определение местоположения нулевых точек.

Определение положения нулевых точек. Нулевыми точками профиля называются такие, в которых проектная линия пересекает земную поверхность, то есть в которых рабочие отметки равны нулю.

Точное нахождение местоположения нулевых точек на профиле имеет большое значение при подсчете объемов земляных работ, а поэтому оно определяется расчетом.

Расстояние от нулевой точки до ближайшей предыдущей точки, нанесенной на профиле, определяется следующим образом.

Пусть требуется определить расстояние d от нулевой точки O до точки M, нанесенной на профиле (рис. 46).

Здесь AB — проектная линия; MN — линия земной поверхности; M и N — ближайшие точки на профиле, между которыми лежит искомая нулевая точка O; D — расстояние между точками M и N; a и b — рабочие отметки в точках M и N.

Из подобия треугольников AOM и BON имеем:

$$\frac{d}{a}=\frac{D-d}{b},$$

$$ab=aD-ad;$$

$$d(a+b)=aD,$$

откуда

$$d=\frac{aD}{a+b},$$

или *расстояние d от нулевой точки до предыдущей точки, нанесенной на профиле, равно произведению рабочей отметки на этой точке на расстояние между предыдущей и последующей точками, деленному на сумму их рабочих отметок.* Так, в приведенном примере расстояние d от нулевой точки, расположенной между ПК 0 и ПК 0+ +78, будет равно:

$$d=\frac{1{,}95\times 78}{1{,}95+0{,}87}=53{,}9 \text{ м}.$$

На профиле над точкой нулевых работ выписывают синей тушью нуль. От этой точки вниз до условного горизонта проводят синюю линию. В промежутках между этой линией и вертикалями ближайших точек профиля справа и слева синей тушью выписывают вычисленные расстояния d и $D-d$.

Отметки точек нулевых работ вычисляют так же, как и проектные отметки. В рассматриваемом примере отметка первой нулевой точки вычислялась так:

$$H=26{,}50-0{,}012\times 53{,}9=25{,}85 \text{ м}.$$

Отметки нулевых точек выписывают синей тушью около этих точек в вертикальном направлении.

Построение поперечников. Поперечники вычерчивают, так же как и продольный профиль, по отметкам точек и расстояниям между ними; только масштабы для вертикальных и горизонтальных линий принимают одинаковые.

Над пикетом продольного профиля, на котором был взят данный поперечник, прочерчивают ось поперечника (рис. 47). Графы профильной сетки для поперечника берут такие же, как и для продольного профиля, за исключением последних двух (пикеты и план). От прочерченной оси поперечника откладывают в масштабе гори-

зонтальные расстояния до пронивелированных точек (в разбираемом примере от оси вправо следует отложить 12 и 20 м, а влево 6 и 20 м) и подписывают расстояния между этими точками.

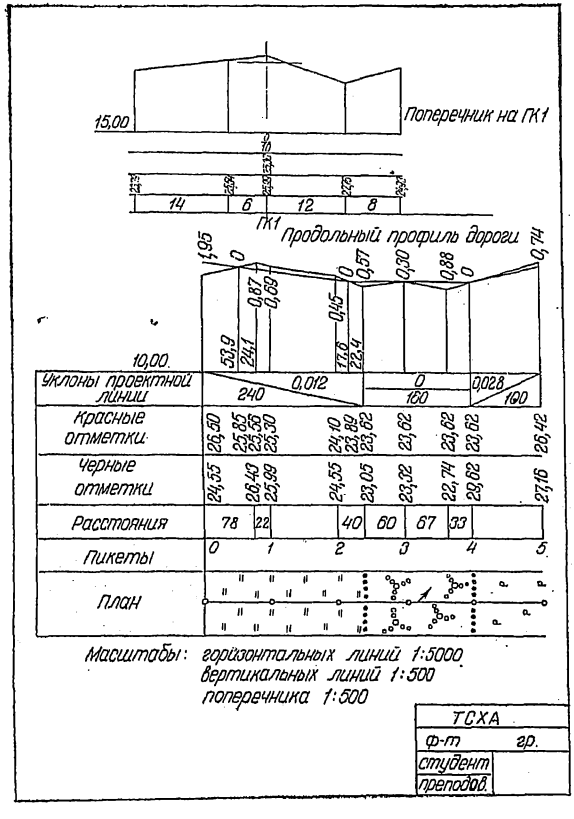


Рис. 47. Образец выполненной работы.

Над полученными точками надписывают вертикально их отметки, взятые из нивелирного журнала, и откладывают их в том же масштабе от принятого для поперечника условного горизонта. На поперечник наносят проектную линию и вычисляют рабочие отметки таким же путем, как это было описано при построении проектной линии на продольном профиле.

При вычислении проектных отметок точек поперечника необходимо иметь в виду, что за исходную проектную отметку принимают проектную отметку пикета, на котором был взят данный поперечник. Эта отметка берется из продольного профиля.

В нашем примере исходная проектная отметка оси поперечника была взята с продольного профиля у ПК 1 и равна 25,30. Так как уклон проектной линии на поперечнике был задан нулевой, то проектные отметки всех точек поперечника получились одинаковыми.

Оформление работы (рис. 47). Красной тушью вычерчивают проектную линию и надписывают ее уклоны, проектные отметки и рабочие отметки. Нулевые точки, расстояния, указывающие их местоположение на профиле и отметки нулевых точек, надписывают синей тушью. Все остальное вычерчивают черной тушью. Насыпи раскрашивают красной краской (или карандашом), а выемки желтой. Внизу у продольного профиля и поперечников указывают масштабы.

Контрольные вопросы

1. Что такое реперы?
2. Что такое пикетные, иксовые и промежуточные точки и как производится их нивелирование?
3. Как вычисляют превышения между пикетными точками?
4. Как определяется невязка в превышениях при нивелировании между реперами, как проверяется ее допустимость и производится распределение?
5. Как вычисляют отметки пикетных и иксовых точек?
6. Что такое горизонт инструмента и как он вычисляется?
7. Как вычисляют отметки промежуточных точек и точек поперечников?
8. Как строятся продольный профиль и поперечники?
9. Что называется уклоном линии?
10. По какой формуле вычисляют отметки проектной линии?
11. Что показывают рабочие отметки на профиле, как они вычисляются и для чего необходимы?
12. Что такое нулевые точки и как находят их положение на профиле?

Ниже даны примеры журналов продольного нивелирования (нивелирные журналы № 1—10), предлагаемые студентам для обработки.

Отметки реперов даны в таблице 9. Проектные отметки нулевого пикета, уклоны и размеры проектной линии студент выбирает по согласованию с преподавателем.

Таблица 6

Отметки реперов

№ репера	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Отметки	87,563	87,719	86,504	85,435	89,692	91,648	93,618	93,673	93,786	95,962

Продолжение

№ репера	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Отметки	95,607	98,067	95,683	93,213	86,217	93,352	94,816	88,955	86,875	93,157

Нивелирный журнал № 1

№ станций	№ пикетов, реперов и промежуточных точек	Отсчеты по рейкам			Превышение		Средние превышения		Горизонт инструмента	Условные отметки, в мм
		задние	передние	промежуточные	+	−	+	−		
1	Rp 17	1524 1475								
	ПК 0		1184 1135							
	ПК 0	2166 2100								
2	+68			847						
	ПК 1		615 547							
	ПК 1	955 1060								
	Пр. 6,5			2380						
3	Пр. 20			155						
	Лев. 5,2			916						
	Лев. 20			3621						
	ПК 2		1136 1243							
	ПК 2	1785 1720								
4	X		3921 3854							
	X	1272 1283								
5	ПК 3		3875 3890							
	ПК 3	2864 2793								
6	+34			3890						
	ПК 4		1986 1913							
	ПК 4	3225 3120								
7	ПК 5		1063 956							
	ПК 5	862 929								
8	Rp 18		729 798							

Нивелирный журнал № 2

№ станций	№ пикетов, реперов и промежуточных точек	Отсчеты по рейкам			Превышение		Средние превышения		Горизонт инструмента	Условные отметки, в мм
		задние	передние	промежуточные	+	−	+	−		
	Rp 19	847 882								
1	ПК 0		685 718							
	ПК 0	794 782								
2	ПК 1		2156 2144							
	ПК 1	322 340								
3	+72			1762						
	ПК 2		3456 3478							
	ПК 2	1845 1890								
	Пр. 4,2			875						
	Пр. 12,8			412						
	Пр. 20			747						
4	Лев. 6,4			1356						
	Лев. 20			216						
	ПК 3		3047 3092							
	ПК 3	1723 1800								
5	+84			1532						
	ПК 4		549 624							
	ПК 4	2393 2438								
6	X		555 602							
	X	1938 1924								
7	ПК 5		284 270							
	ПК 5	476 411								
8	Rp 20		683 620							

Нивелирный журнал № 3

№ станций	№ пикетов, реперов и промежуточных точек	Отсчеты по рейкам			Превышение		Средние превышения		Горизонт инструмента	Условные отметки, в мм
		задние	передние	промежуточные	+	—	+	—		
	Rp 21	845 892								
1	ПК 0		469 518							
	ПК 0	1723 1800								
2	+36 ПК 1		849 924	1532						
	ПК 1	855 904								
3	X		2393 2438							
	X	284 270								
4	ПК 2		1938 1924							
	ПК 2	266 370								
5	+42 +66			3578 3596						
	ПК 3		556 658							
	ПК 3	2011 1908								
6	ПК 4		644 541							
	ПК 4	2880 2781								
	Пр. 8,6 Пр. 20			3676 1656						
7	Лев. 12,4 Лев. 20			3564 1257						
	ПК 5		255 158							
	ПК 5	1424 1401								
8	Rp 22		1217 1196							

Нивелирный журнал № 4

№ станций	№ пикетов, реперов и промежуточных точек	Отсчеты по рейкам			Превышение		Средние превышения		Горизонт инструмента	Условные отметки, в мм.
		задние	передние	промежуточные	+	−	+	−		
	Rp 23	1423 1519								
1	ПК 0		1187 1283							
	ПК 0	1342 1448								
2	ПК 1		1960 2062							
	ПК 1	220 229								
3	X		2752 2763							
	X	802 853								
4	ПК 2		2389 2438							
	ПК 2	1220 1339								
5	+26 +42			2502 1984						
	ПК 3		1154 1271							
	ПК 3	2395 2485								
6	ПК 4		234 322							
	ПК 4	2473 2248								
	Пр. 8,6 Пр. 12			938 1775						
7	Пр. 20 Лев. 10,2 Лев. 20			2115 1957 3856						
	ПК 5		675 450							
	ПК 5	1960 1862								
8	Rp 24		1442 1344							

Нивелирный журнал № 5

№ станций	№ пикетов, реперов и промежуточных точек	Отсчеты по рейкам			Превышение		Средние превышения		Горизонт инструмента	Условные отметки, в мм
		задние	передние	промежуточные	+	−	+	−		
	Rp 25	1452 1500								
4	ПК 0		1254 1298							
	ПК 0	1846 1792								
2	+68			1386						
	ПК 1		593 541							
	ПК 1	2856 2732								
3	ПК 2		479							
	ПК 2	1956 1983	353							
	+36			924						
4	+82			537						
	ПК 3		712 741							
	ПК 3	990 1037								
5	X		2721 2768							
	X	888								
6	ПК 4	920	2612 2648							
	ПК 4	1662 1725								
	Пр. 12,4			3108						
	Пр. 20			2425						
7	Лев. 5,8			1883						
	Лев. 20			634						
	ПК 5		966 1031							
	ПК 5	1205 1250								
8	Rp 26		1328 1377							

Нивелирный журнал № 6

№ станций	№ пикетов, реперов и промежуточных точек	Отсчеты по рейкам			Превышение		Средние превышения		Горизонт инструмента	Условные отметки, в мм
		задние	передние	промежуточные	+	—	+	—		
	Rp 27	1305 1379								
1	ПК 0		1520 1592							
	ПК 0	1018 1061								
2	+28			1722						
	ПК 1		1012 1059							
	ПК 1	2319 2401								
	Пр. 7,6			1682						
	Пр. 20			1706						
3	Лев. 9,4			1954						
	Лев. 20			2483						
	ПК 2		485 571							
	ПК 2	1598 1641								
4	X		118 159							
	X	2675 2728								
5	ПК 3		681 732							
	ПК 3	1812 1882								
6	+18			1896						
	+72			1535						
	ПК 4		1553 1621							
	ПК 4	830 893								
7	ПК 5		3037 3100							
	ПК 5	1159 1317								
8	Rp 28		1861 2021							

Нивелирный журнал № 7

№ станций	№ пикетов, реперов и промежуточных точек	Отсчеты по рейкам			Превышение		Средние превышения		Горизонт инструмента	Условные отметки, в мм
		задние	передние	промежуточные	+	−	+	−		
	Rp 29	1711 1675								
1	ПК 0		1262 1224							
	ПК 0	867 960								
2	ПК 1		1501 1592							
	ПК 1	1267 1337								
	+24			2407						
3	+76			3248						
	ПК 2		1735 1803							
	ПК 2	677								
4		738								
	X		2542 2601							
	X	679								
5		620								
	ПК 3		2855 2798							
	ПК 3	1481 1395								
	+32			1785						
6	+80			1352						
	ПК 4		1081 997							
	ПК 4	2356 2292								
	Пр. 6,2			3318						
	Пр. 20			1542						
	Лев. 7,6			3681						
7	Лев. 12,8			1973						
	Лев. 20			1215						
	ПК 5		421 355							
	ПК 5	1399								
8		1470								
	Rp 30		1525 1596							

Нивелирный журнал № 8

№ станций	№ пикетов, реперов и промежуточных точек	Отсчеты по рейкам			Превышение		Средние превышения		Горизонт инструмента	Условные отметки, в мм
		задние	передние	промежуточные	+	−	+	−		
	Rp 31	1250 1095								
1	ПК 0		1202 1045							
	ПК 0	1719 1790								
2	ПК 1		461 534							
	ПК 1	3003 2938								
3	X		212 145							
	X	3445 3367								
4	ПК 2		1004 922							
	ПК 2	924 1041								
5	+38			937						
	ПК 3		2124 2239							
	ПК 3	1811 1776								
	+46			2532						
	+78			1596						
	ПК 4		1178 1141							
	ПК 4	1914 1849								
6	Пр. 3,2			1956						
	Пр. 20			3814						
	Лев. 3,8			1908						
	Лев. 7,6			2851						
7	Лев. 20			1653						
	ПК 5		320 259							
	ПК 5	1223 1190								
8	Rp 32		1665 1634							

Нивелирный журнал № 9

№ станций	№ пикетов, реперов и промежуточных точек	Отсчеты по рейкам			Превышение		Средние превышения		Горизонт инструмента	Условные отметки, в мм
		задние	передние	промежуточные	+	—	+	—		
	Rp 33	1062 994								
1	ПК 0		2003 1933							
	ПК 0	943 828								
	+64			2426						
2	ПК 1		2123 2008							
	ПК 1	283 306								
3	X		2782 2801							
	X	248 189								
4	ПК 2		2718 2655							
	ПК 2	1451 1499								
	Пр. 10,6 Пр. 20			2318 3424						
5	Лев. 12,4 Лев. 20			1478 159						
	ПК 3		3663 3711							
	ПК 3	1781 1687								
	+12			2153						
6	+68			2007						
	ПК 4		918 822							
	ПК 4	2810 2782								
7	ПК 5		816 788							
	ПК 5	1792 1865								
8	Rp 34		1203 1278							

Нивелирный журнал № 10

№ станций	№ пикетов, реперов и промежуточных точек	Отсчеты по рейкам			Превышение		Средние превышения		Горизонт инструмента	Условные отметки, в мм
		задние	передние	промежуточные	+	—	+	—		
	Rp 35	1932 1881								
1	ПК 0		1848 1795							
	ПК 0	1925 1939								
2	ПК 1		836 850							
	ПК 1	2942 3037								
3	X		248 341							
	X	2638 2652								
4	ПК 2		120 132							
	ПК 2	2723 2700								
	+32			2519						
5	+76			918						
	Лев 3		868 843							
	ПК 3	1608 1620								
6	+58			1596						
	ПК 4		596 606							
	ПК 4	897 905								
	Пр. 10,2			1595						
	Пр. 20			2790						
7	Лев. 6,4			1584						
	Лев. 20			391						
	ПК 5		2755 2767							
	ПК 5	497 509								
8	Rp 36		1602 1610							

Глава V

СОСТАВЛЕНИЕ НИВЕЛИРНОГО ПЛАНА С ГОРИЗОНТАЛЯМИ

Для составления нивелирного плана с горизонталями необходимо обработать полевой журнал нивелирования поверхности, составить план пронивелированных точек, надписать их отметки, рассчитать и провести горизонтали.

§ 23. Обработка полевого журнала

При нивелировании поверхности по сетке квадратов, разбиваемой на участке, все отсчеты по рейкам заносят в журнал нивелирования (рис. 48). В этом журнале свя-

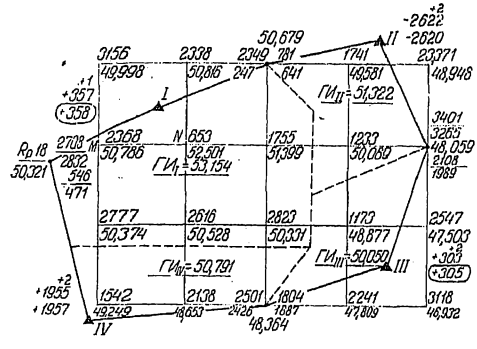


Рис. 48. Журнал нивелирования поверхности по квадратам.

зующие точки обозначены кружками, а места стояния нивелира — треугольниками с указанием номера станции.

Связующие точки и репер образуют замкнутый ход и нивелировались по способу «из середины» при двух горизонтах инструмента. Все остальные вершины квадратов нивелировались как промежуточные точки, то есть один раз при втором горизонте инструмента. В результате обработки полевого журнала получают отметки всех пронивелированных точек.

Полевой журнал нивелирования поверхности по квадратам обрабатывают в такой последовательности.

1. Вычисляют превышения между связующими точками. Превышения между связую-

щими точками вычисляют по обычному правилу нивелирования «из середины»: превышение равно заднему отсчету минус передний ($h=a-b$).

В разбираемом примере превышение между репером и связующей точкой, пронивелированных со станции I при первом горизонте, равно.

$$h=2708-2349=+359 \text{ мм},$$

при втором горизонте:

$$h=2832-2477=+355 \text{ мм}.$$

Так как разница в превышениях получилась меньше 5 мм, то из полученных превышений вычисляют среднее арифметическое (+357 мм) и записывают его в журнале около станции I.

Аналогичным образом получают средние превышения между всеми остальными связующими точками (−2622 мм, +303 мм, +1957 мм).

2. Вычисляют невязку в превышениях, проверяют ее допустимость и распределяют ее. Теоретически алгебраическая сумма всех превышений по замкнутому ходу должна быть равна нулю ($\Sigma h=0$), но практически в силу накопления ошибок получается невязка.

В рассматриваемом примере невязка в превышениях между связующими точками равна

$$f_h=+357-2622+303+1957=-7 \text{ мм}.$$

Допустимая невязка подсчитывается по формуле:

$$\Delta h=\pm 6 \text{ мм}\sqrt{n},$$

где n — число станций.

Если полученная невязка меньше допустимой, то ее распределяют с обратным знаком, по возможности равномерно по всем превышениям, округляя поправки до 1 мм. При этом необходимо помнить, что сумма всех поправок должна быть равна полученной невязке.

В нашем примере допустимая невязка равна $6\sqrt{4}=$ $=\pm 12$ мм.

Полученная невязка меньше допустимой, следовательно ее можно распределять.

В журнале поправки надписывают над значениями средних превышений, а исправленные превышения обводят в кружок.

3. Вычисляют отметки связующих точек. Исходная отметка репера или первой связующей точки должна быть известна или берется условно. Отметки остальных связующих точек вычисляют по правилу: отметка последующей точки равна отметке предыдущей точки плюс исправленное превышение между ними.

В нашем примере отметка репера $H_R = 50{,}321$ м.

Отметки остальных связующих точек получились равными:

$$H_1 = 50{,}321 + 0{,}358 = 50{,}679 \text{ м};$$

$$H_2 = 50{,}679 - 2{,}620 = 48{,}059 \text{ м};$$

$$H_3 = 48{,}059 + 0{,}305 = 48{,}364 \text{ м};$$

$$H_R = 48{,}364 + 1{,}957 = 50{,}321 \text{ м}.$$

В конце подсчета отметок по замкнутому ходу должна получиться исходная отметка репера.

4. Вычисляют отметки всех остальных вершин квадратов. Так как все остальные вершины квадратов нивелировались как промежуточные точки, то их отметки определяют через горизонт инструмента.

На каждой станции горизонт инструмента вычисляют дважды по двум связующим точкам, задней и передней.

$$\text{Г.И.} = H_a + a_2; \quad \text{Г.И.} = H_b + b_2,$$

где H_a и H_b — отметки задней и передней связующих точек; a_2 и b_2 — отсчеты по рейкам на заднюю и переднюю точки, взятые при втором горизонте.

Разница между значениями горизонта инструмента на одной и той же станции, вычисленными по задней и передней рейкам, не должна превышать 10 мм.

Из полученных значений горизонта инструмента берут среднее арифметическое.

В рассматриваемом примере горизонт инструмента на станции I, вычисленный по задней рейке равен:

$$\text{Г.И}_{\text{I}} = 50{,}321 + 2{,}832 = 53{,}153 \text{ м},$$

а по передней рейке

$$\text{Г.И}_{\text{I}} = 50{,}679 + 2{,}477 = 53{,}156 \text{ м}.$$

Расхождение получилось меньше 10 мм, поэтому среднее значение горизонта инструмента 53,154 выписывается в журнал.

Аналогичным образом вычисляют Г. И. для других станций:

$Г.И._{II}=51,322$ м; $Г.И._{III}=50,050$ м; $Г.И._{IV}=50,791$ м.

Отметки промежуточных точек вычисляют по формуле

$$H_c=Г.И.-c,$$

то есть вычитая из горизонта инструмента отсчет по рейке на промежуточную точку.

Например,

$$H_M=53,154-2,368=50,786 \text{ м};$$

$$H_N=53,154-0,653=52,501 \text{ м}$$

и т. д.

Таким путем вычисляют отметки всех промежуточных точек, которые нивелировались с данной станции (они оконтурены в журнале пунктирной линией).

5. Все вычисленные отметки вершин квадратов записывают в журнале около соответствующих точек под отсчетом по рейке.

§ 24. Составление плана с горизонталями

Рельеф местности на плане изображают горизонталями.

Горизонтали — это линии, соединяющие точки земной поверхности с одинаковыми высотами. Горизонтали получаются как горизонтальные проекции линий от сечения местности уровенными поверхностями (плоскостями), отстоящими на равном расстоянии одна от другой (рис. 49).

Высотой сечения (h) рельефа называется расстояние между соседними горизонталями по высоте.

Заложением (d) называется расстояние в метрах, измеренное на плане между соседними горизонталями.

При составлении плана с горизонталями на чертежной бумаге в масштабе плана вычерчивают сетку полевых квадратов. Около отмеченных на плане точек подписывают их отметки с округлением до сотых долей метра. Затем проводят горизонтали. Существует несколько способов проведения горизонталей. Ниже излагается способ проведения горизонталей с помощью кальки и измерителя.

Пусть требуется провести горизонтали при высоте сечения рельефа 0,5 м на квадрате, изображенном на рисунке 49.

Берут кальку и на ней через каждые 5 мм проводят ряд параллельных горизонтальных линий. Просматривают высоты всех точек квадратов, выбирают самую низкую точку и подписывают нижнюю горизонтальную линию отметкой горизонтали, ближайшей к этой точке. Например, если сечение горизонталей 0,5 м, а высота низшей точки 49,58, то нижнюю линию на кальке обозначают отметкой ближайшей горизонтали 49,5. Следующие линии подписывают отметками горизонталей 50; 50,5; 51; 51,5 и т. д.

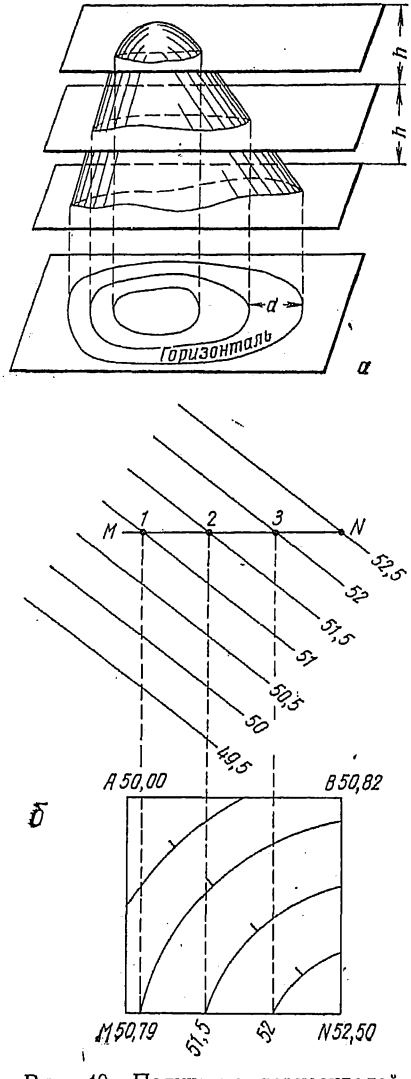


Рис. 49. Получение горизонталей (*а*) и построение горизонталей (*б*).

Кладут кальку на сторону квадрата, передвигают ее так, чтобы совместить вершину *M* с высотой 50,79 на кальке, и в таком положении эту вершину прикалывают вместе с калькой одной иглой измерителя. Далее, опираясь на первую иглу измерителя, поворачивают кальку вокруг первой точки *M* так, чтобы вторая точка *N* с высотой 52,50 совместилась по своей высоте с соответствую-

щей точкой на кальке, и в таком положении прокалывают точку N второй иглой измерителя. Затем прокалывают места пересечения стороны квадрата с линиями, проведенными на кальке; точки проколов будут иметь высоты соответствующих линий на кальке: первая точка будет иметь отметку 51, вторая точка — 51,5 и т. д.

Таким же образом находят с помощью этой кальки точки, имеющие отметки горизонталей на всех сторонах квадратов, и полученные точки с одинаковыми высотами соединяют линиями — горизонталями.

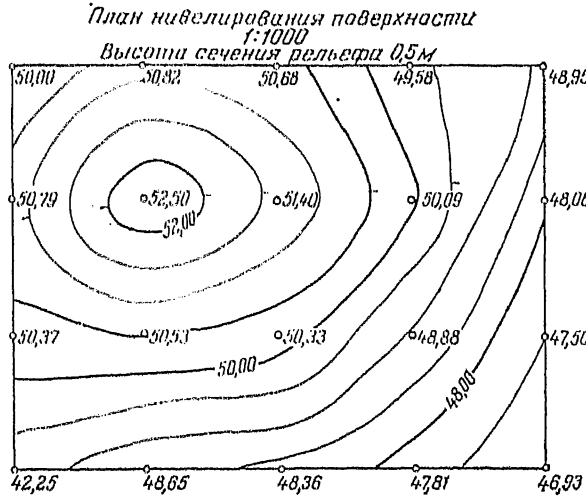


Рис. 50. Образец выполненной работы.

При окончательной отделке плана сетку квадратов не вычерчивают, а вершины квадратов обозначают кружками диаметром 1 мм. Около всех точек подписывают их высоту черной тушью с округлением до сотых долей метра (рис. 50).

Горизонтали вычерчивают коричневой тушью (жженой сиеной). Отметки горизонталей подписывают также коричневой тушью в разрывах горизонталей или при выходе их за границу участка, причем основание цифр должно быть обращено к подошве ската.

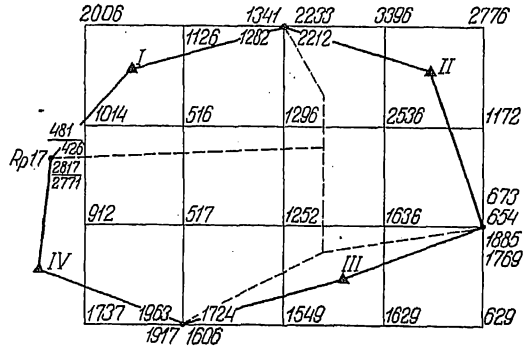
На горизонталях в характерных местах рельефа ставят штрихи ската перпендикулярно направлению горизонталей.

Над чертежом должна быть сделана надпись:
План нивелирования поверхности
Масштаб . . . Высота сечения рельефа .

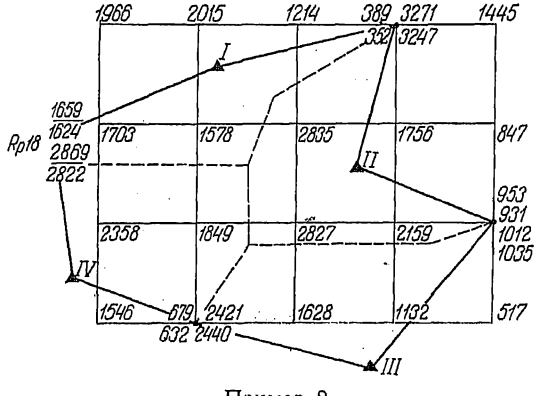
Контрольные вопросы

1. Как вычисляют превышения между связующими точками и контролируют правильность отсчетов по рейкам на эти точки?
2. Как определить невязку в превышении по замкнутому ходу между связующими точками и проверить ее допустимость?
3. Как вычисляют отметки связующих точек и всех остальных вершин квадратов?
4. Что такое горизонтали, высота сечения и заложение горизонталей?
5. Как проводят горизонтали при составлении нивелирного плана?

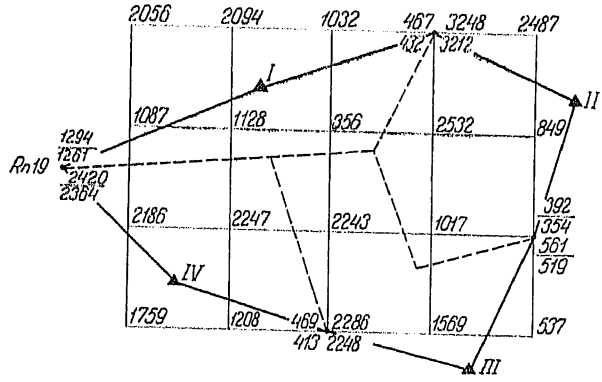
Ниже даны примеры для обработки полевых данных нивелирования поверхности. Размеры квадратов 40×40 м; масштаб 1 : 1000, высота сечения рельефа 0,5 м.



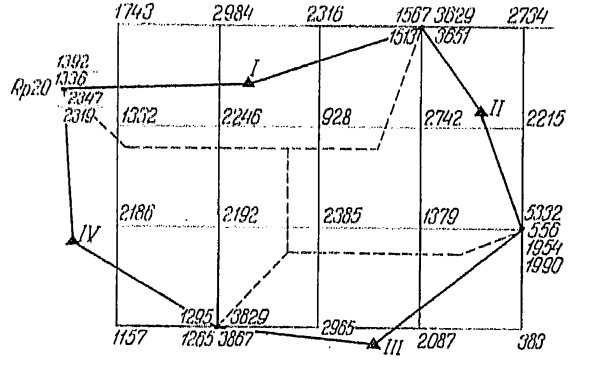
Пример 1.



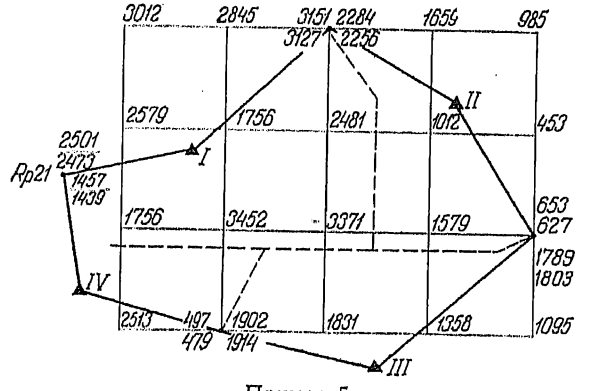
Пример 2.



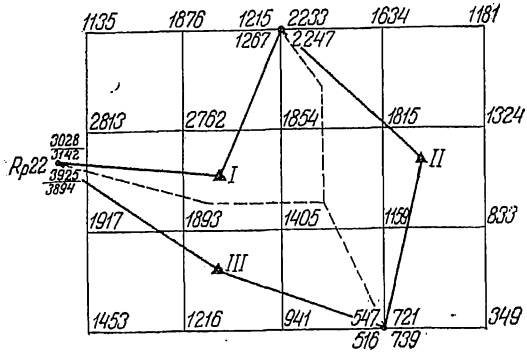
Пример 3.



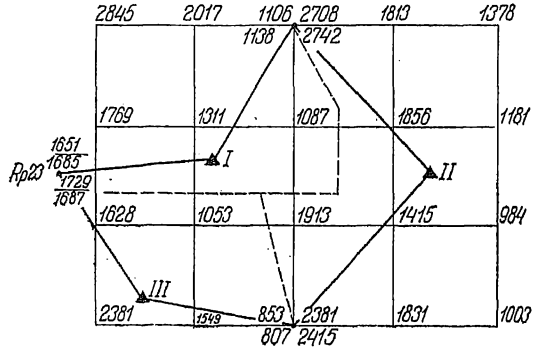
Пример 4.



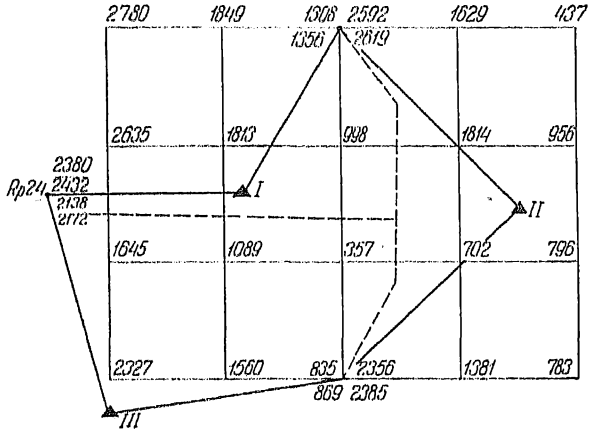
Пример 5.



Пример 6.



Пример 7.



Пример 8.

Глава VI

РАБОТА С КАРТОЙ

§ 25. Карта и план

Картой называется уменьшенное изображение на плоскости поверхности всей Земли или ее части, построенное по определенным математическим законам, с учетом кривизны фигуры Земли.

Планом называется изображение на плоскости горизонтальной проекции небольшого участка земной поверхности, в уменьшенном и подобном виде без учета кривизны фигуры Земли. Планы составляются на участки, имеющие длину не более 20 км.

Карты и планы используются при исследовании почв, разработке мероприятий по борьбе с эрозионными явлениями, проектировании полей севооборота, мелиоративных, организационно-хозяйственных и других работах.

Планы и карты, на которых кроме границ угодий и других контуров изображен рельеф местности, называются топографическими.

§ 26. Номенклатура карт

Величина карты зависит от ее масштаба, укрупнение которого ведет к увеличению размеров карты. Поэтому ее делят на листы. Каждый лист карты имеет свою номенклатуру (номер).

В основу номенклатуры листов карт различных масштабов положена международная номенклатура листов карты масштаба 1 : 1 000 000.

Карта масштаба 1 : 1 000 000 составлена из отдельных листов, которые получаются следующим образом. Вся земная поверхность разделена меридианами и параллелями на трапеции, представляющие границы листов карты. Меридианы проведены через 6°, а параллели от экватора к северу и югу через 4°.

Меридианы образуют так называемые колонны, обозначаемые арабскими цифрами от 1 до 60. Счет их ведется слева направо, начиная от меридиана, противоположного Гринвичскому (от 180°), то есть первая колонна расположена между меридианами 180° и 186°, вторая колонна — между 186° и 192° и т. д.

Параллели образуют так называемые ряды (пояса), обозначаемые прописными (заглавными) буквами латин-

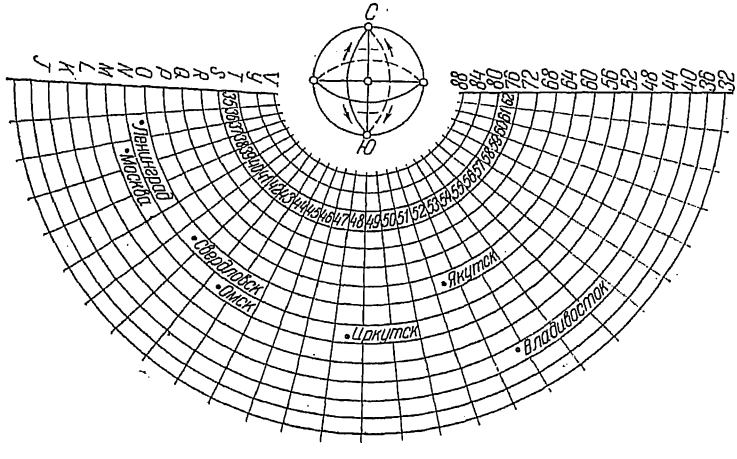


Рис. 51. Международная разграфка листов карт масштаба 1 : 1 000 000.

ского алфавита от А до V, по 22 пояса от экватора в каждую сторону до 88° широты (рис. 51).

Таким образом, номенклатура каждого листа карты складывается из номера колонны и буквы ряда. Например, лист карты, на котором находится г. Москва, имеет номенклатуру *N*—37, а город Иркутск *N*—48 (на территорию Советского Союза приходятся колонны с 34 по 60 и 1—2, см. рис. 51).

Номенклатура карт масштабов 1 : 500 000, 1 : 300 000, 1 : 200 000 и 1 : 100 000

Номенклатура листов карты масштаба 1 : 1 000 000 является основой номенклатуры листов карт масштабов 1 : 500 000, 1 : 300 000, 1 : 200 000 и 1 : 100 000.

Один лист карты масштаба 1 : 1 000 000 содержит:

4 листа карты масштаба 1 : 500 000, которые обозначены заглавными буквами русского алфавита А, Б, В, Г (рис. 52);

9 листов карты масштаба 1 : 300 000, обозначенных римскими цифрами от I до IX;

36 листов карты масштаба 1 : 200 000, обозначенных римскими цифрами от I до XXXVI (рис. 53);

144 листа карты масштаба 1 : 100 000, обозначенных арабскими цифрами от 1 до 144 (рис. 52).

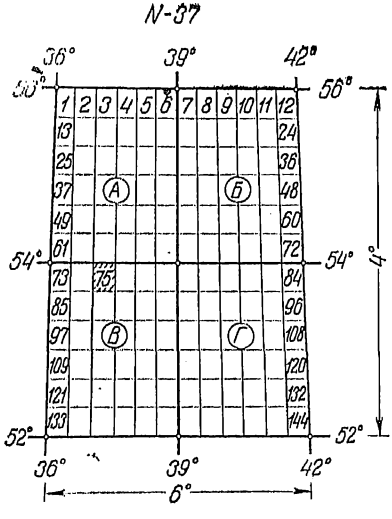


Рис. 52. Разграфка листа карты масштаба 1 : 1 000 000 на листы карт М1 : 500 000 и М1 : 100 000.

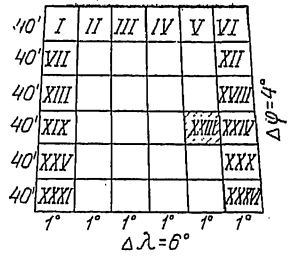


Рис. 53. Разграфка листов карты масштаба 1 : 200 000.

Номенклатура каждого листа карт масштабов 1 : 500 000, 1 : 300 000, 1 : 200 000 и 1 : 100 000 складывается из номенклатуры листа карты масштаба 1 : 1 000 000 и присоединенного к ней обозначения листа карты данного масштаба. Например, лист карты масштаба 1 : 500 000, обозначенный буквой В, расположенный на листе карты с номенклатурой М—37, будет иметь номенклатуру М—37—В.

Аналогично получается номенклатура листов карты масштабов 1 : 200 000 и 1 : 100 000, образуясь из номенклатуры листа карты масштаба 1 : 1 000 000 и присоединения соответствующей цифры, обозначающей лист карты данного масштаба.

Например, для масштаба 1 : 200 000 М—37—XXIII; для масштаба 1 : 100 000 М—37—75.

Некоторую особенность имеет номенклатура листов карты масштаба 1 : 300 000. Каждый лист карты этого масштаба имеет номенклатуру, в которой обозначение листа карты масштаба 1 : 300 000 стоит перед номенклатурой листа карты масштаба 1 : 1 000 000.

Например, лист карты масштаба 1 : 300 000, обозначенный римской цифрой V, расположенный на листе карты с номенклатурой М—37, будет иметь номенклатуру V—М—37.

Номенклатура карт масштабов 1 : 50 000, 1 : 25 000 и 1 : 10 000

Номенклатура листов карт этих масштабов основана на номенклатуре листов карты масштаба 1 : 100 000. Один лист карты масштаба 1 : 100 000 содержит четыре листа карты масштаба 1 : 50 000, обозначенных прописными (заглавными) буквами русского алфавита А, Б, В, Г (рис. 54).

Один лист карты масштаба 1 : 50 000 содержит четыре листа карты масштаба 1 : 25 000, обозначенных строчными буквами русского алфавита — а, б, в, г (рис. 55).

Номенклатура каждого листа карт масштабов 1 : 50 000, 1 : 25 000 и 1 : 10 000 складывается из номенклатуры листа карты масштаба 1 : 100 000 с последовательным присоединением к ней обозначений листов предшествующих масштабов, до обозначения листа данного масштаба включительно. Например, лист масштаба 1 : 50 000 будет иметь номенклатуру М—37—75—Б; лист карты масштаба 1 : 25 000, обозначенный буквой г, расположен-

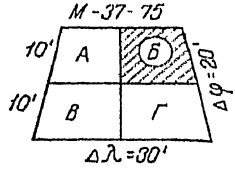


Рис. 54. Разграфка листа карты масштаба 1:100 000 на листы карты масштаба 1 : 50 000.

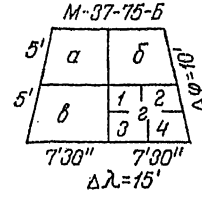


Рис. 55. Разграфка листа карты масштаба 1 : 50 000 на листы карты М 1 : 25 000 и разграфка карты масштаба 1 : 25 000 на листы карты М 1 : 10 000.

ный на листе с номенклатурой М—37—75—Б, будет иметь номенклатуру М—37—75—Б—г. Аналогично лист карты масштаба 1 : 10 000, обозначенный цифрой 1, расположенный на листе с номенклатурой М—37—75—Г—г, будет иметь номенклатуру М—37—75—Б—г—1.

Номенклатура карт масштабов 1 : 5000 и 1 : 2000

В основу номенклатуры листов карт масштабов 1 : 5000 и 1 : 2000 положена номенклатура листов карты масштаба 1 : 100 000. Один лист карты масштаба 1 : 100 000 содержит 256 листов карты масштаба 1 : 5000, которые обозначаются арабскими цифрами от 1 до 256.

Один лист карты масштаба 1 : 5000 содержит 9 листов карты масштаба 1 : 2000, обозначенных строчными буквами русского алфавита, от а до и.

Номенклатура каждого листа карт масштабов 1 : 5000 и 1 : 2000 складывается из номенклатуры листа карты масштаба 1 : 100 000, с добавлением к ней в скобках цифры листа карты масштаба 1 : 5000, а для масштаба 1 : 2000 присоединением еще и буквы, обозначающей лист этой карты. Например, лист карты масштаба 1 : 5000, обозначенный цифрой 228, расположенный на листе с номенклатурой М—37—75, будет иметь номенклатуру М—37—75 (228). Лист же карты масштаба 1 : 2000, обозначенный буквой и, расположенный на листе с номенклатурой М—37—75 (228), будет иметь номенклатуру М—37—75 (228—и).

Общие данные по номенклатуре листов карт различных масштабов приведены в таблице 10.

Таблица 19

Общие данные по номенклатуре листов карт разных масштабов

Масштаб	Размеры листа		Число листов в одном листе карты масштаба 1 : 1 000 000	Номенклатура листа	Обозначение листов
	по широте	по долготе			
1:1 000 000	4°	6°	1	М—37	От 1 до 60, от А до V
1:500 000	2°	3°	4	М—37—В	А, Б, В, Г
1:300 000	1°20′	2°	9	IX—М—37	От 1 до IX
1:200 000	40′	1°	36	М—37—XXXVI	От 1 до XXXVI
1:100 000	20′	30′	144	М—37—144	От 1 до 144
1:50 000	10′	15′	576	М—37—144—Б	А, Б, В, Г
1:25 000	5′	7′30″	2 304	М—37—144—Б—г	а, б, в, г
1:10 000	2′30″	3′45″	9 216	М—37—144—Б—г—1	1, 2, 3, 4
1:5000	1′15″	1′52″,5	36 864	М—37—144 (256)	От 1 до 256
1:2000	25″,5	37″,5	331 776	М—37—144 (256—и)	От а до и

§ 27. Определение географических координат точек на карте

Положение любой точки на поверхности Земли определяется географическими координатами.

Географические координаты представляют два угла, из которых угол между плоскостью начального меридиана и плоскостью меридиана, проходящего через данную точку, определяет **долготу** точки, а угол между плоскостью экватора и отвесной линией данной точки определяет ее **широту** (рис. 56).

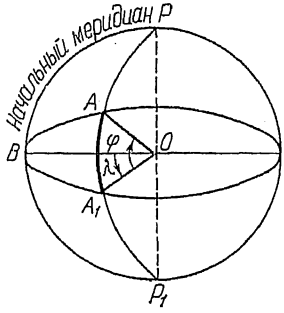


Рис. 56. Географические координаты.

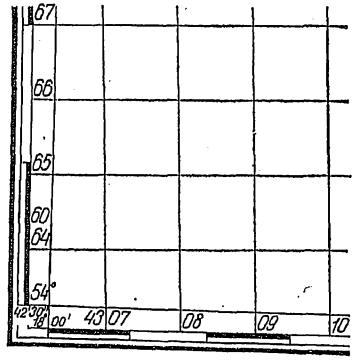


Рис. 57. Юго-западный угол листа карты М 1 : 50 000.

Долгота обозначается греческой буквой λ (лямбда), отсчет ведется от начального меридиана, проходящего через Гринвич, считаемого за 0°, на запад или восток до 180°, соответственно чему долгота называется восточной или западной.

Широта обозначается греческой буквой φ (фи), отсчет ведется от экватора, считаемого за 0°, к северному или к южному полюсу до 90°, соответственно чему широта называется южной или северной.

Каждый лист карты ограничен линиями меридианов и параллелей. Эти линии образуют рамку листа, имеющую форму трапеции. В углах рамки обозначают широты параллелей и долготы меридианов (рис. 57). Рядом с линиями меридианов и параллелей по периметру показана минутная рамка, которая разделена на интервалы

через одну минуту. Этой рамкой пользуются для определения географических координат точек на карте или для нанесения точек на карту по известным географическим координатам.

Например, требуется определить географические координаты точки A по карте масштаба 1 : 10 000 (рис. 58). Точка A расположена ближе к правому меридиану и к нижней параллели, поэтому измерения удобнее вести от них. Долгота, как это видно из рисунка, будет определяться:

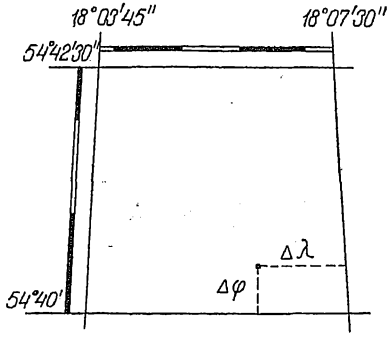


Рис. 58. Определение географических координат точек по карте.

$$\lambda = 18°07'30'' - \Delta\lambda.$$

Широта будет определяться:

$$\varphi = 54°40' + \Delta\varphi.$$

Для определения $\Delta\lambda$ измеряют отрезок линии от точки A до правого (ближайшего) меридиана. Затем сравнивают длину отрезка $\Delta\lambda$ с длиной отрезка, равного одной минуте по долготе, на горизонтальной минутной рамке.

Допустим, получилось $\Delta\lambda = 159$ мм;

1′ долготы = 108 мм.

Из этой пропорции находим $\Delta\lambda$ в градусном измерении (переводя минуты в секунды):

$$\Delta\lambda = \frac{60'' \cdot 159}{108} = 88'',3 = 1'28''.$$

Следовательно, долгота точки A будет:

$$\lambda = 18°07'30'' - 1'28'' = 18°06'02''.$$

Соответственно, для определения $\Delta\varphi$ измеряют отрезок линии от точки A до нижней (ближайшей) параллели, и длину отрезка, равного одной минуте по широте, на вертикальной минутной рамке.

Допустим, получилось $\Delta\varphi = 61$ мм;

1′ широты = 186 мм.

Из этой пропорции находим $\Delta\varphi$ в градусном измерении (переводя минуты в секунды):

$$\Delta\varphi = \frac{60'' \cdot 61}{186} = 19'',6 \sim 20''.$$

Следовательно, широта точки A будет:

$$\varphi = 54°40' + 0'20'' = 54°40'20''.$$

Графический способ определения координат точек. По этому способу значения $\Delta\lambda$ и $\Delta\varphi$ в градусном измерении находят по минутным рамкам. Делается это так.

Отрезок $\Delta\lambda$, взятый измерителем, переносят на минутную рамку по долготе (горизонтальную) (рис. 58). Предположим, отрезок $\Delta\lambda$ занял длину одной минуты и частично второй минуты. Часть отрезка $\Delta\lambda$, зашедшую на вторую минуту, определяют количеством секунд, на которые он зашел, из числа 60 секунд второй минуты.

Допустим, эта величина оказалась равной 28″, тогда долгота точки A будет:

$$\lambda = 18°07'30'' - 1'28'' = 18°06'02''.$$

Аналогично определяется широта точки A. Отрезок переносят на минутную рамку по широте (вертикальную), предположим, он занял $^1/_3$ минуты, то есть 20″, тогда широта точки A будет:

$$\varphi = 54°40' + 0'20'' = 54°40'20''.$$

§ 28. Определение плоских прямоугольных координат точек на карте

На топографических картах имеется координатная, или километровая, сетка, линии которой проводятся параллельно осевому меридиану и экватору. Для построения сетки вся земная поверхность делится меридианами, начиная от нулевого, с интервалом в 6° по долготе, на шестиградусные зоны.

Эти зоны по расположению совпадают с колоннами карты масштаба 1 : 1 000 000 и нумеруются арабскими цифрами от нулевого меридиана. Номер зоны отличается от номера колонны на 30.

Меридиан, проходящий через середину данной зоны, называется осевым.

Для получения изображения зоны на плоскости земную поверхность вначале проектируют на боковую поверхность некоторого цилиндра, касающегося земного шара, по осевому меридиану данной зоны, ось которого находится в плоскости экватора и проходит через центр земного шара. Затем данный цилиндр развертывается на плоскости (рис. 59).

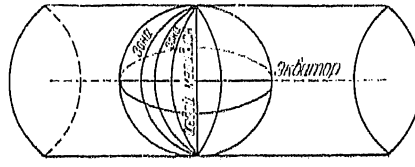


Рис. 59. Поперечная цилиндрическая проекция.

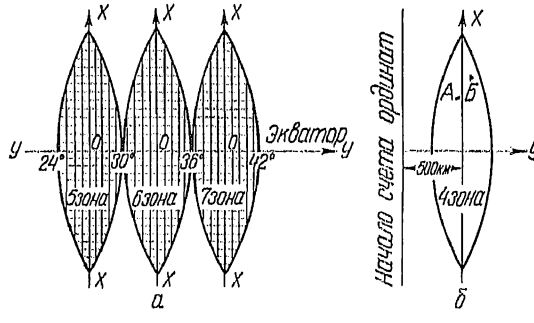


Рис. 60. Развертывание зон на плоскость.

В каждой зоне берется свое начало координат, причем за ось абсцисс принимается осевой меридиан, а за ось ординат — экватор (рис. 60, *а*).

Абсциссы отсчитываются от экватора к полюсам, к северу считаются положительными, к югу — отрицательными.

Советский Союз расположен в северном полушарии, поэтому на его территории все абсциссы точек положительны.

Ординаты отсчитываются от осевого меридиана, причем на восток считаются положительными, на запад — отрицательными.

Чтобы не было ординат с отрицательными знаками, ордината точки пересечения осевого меридиана данной зоны и экватора принимается условно за 500 км (рис. 60, *б*). Впереди каждой ординаты приписывается номер зоны, в которой расположена данная точка.

Например, пусть точка *А* имеет действительную ординату $У_А = -64\,325{,}12$ м, а точка *Б* — ординату $У_Б = 81\,011{,}00$ м. Обе точки расположены в четвертой зоне (рис. 60, *б*).

Так как за начало ординат принято 500 км, ордината точки *А* будет: $У_А = -64\,325{,}12 + 500{,}000 = 435\,674{,}88$ м; а ордината точки *Б* — $У_Б$; $У_Б = 81\,011{,}00 + 500\,000 = 4\,581\,011{,}00$ м.

Каждая зона покрывается сетью квадратов, образованных прямыми, параллельными осям координат. Так как их проводят через определенное число километров, то сетка называется километровой.

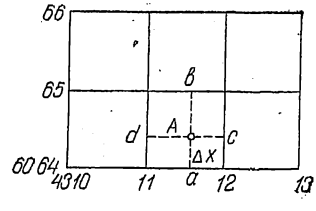


Рис. 61. Определение плоских прямолинейных координат.

Линии километровой сетки имеют цифровые обозначения, указывающие, на каком расстоянии они проведены от осей координат (см. рис. 57).

Например, линия с надписью 6064 означает, что эта километровая линия отстоит от экватора на 6064 км по осевому меридиану. Линия с надписью 4307 означает, что километровая линия находится в четвертой зоне (первая цифра), число 307 выражает ординату, увеличенную на 500 км, действительная ордината равна 307—500 = —193 км, то есть она отстоит от осевого меридиана на 193 км к западу.

С помощью километровой сетки легко определить прямоугольные координаты любой точки.

Например, требуется определить прямоугольные координаты точки *А* (рис. 61) по карте масштаба 1 : 10 000. Сторона квадрата = 10 см, что на местности соответствует 1 км. Искомая точка лежит между 6064 и 6065 км по оси *x* и между 4311 и 4312 км по оси *y*.

Определяем расстояние от точки *А* до ближайших километровых линий. Допустим, отрезок *А—а* получился равным 2 см, что соответствует 0,2 км, а отрезок *А—с*,

равный 3 см, соответствует 0,3 км. Тогда абсцисса точки А будет равна:

$$x=6064+0,2=6064,2 \text{ км}.$$

Контроль выполняется путем измерения отрезка $A—b$ и вычисления абсциссы точки A от километровой линии, обозначенной числом 65.

Ордината точки A определяется аналогично:

$$y=4312-0,3=4311,7 \text{ км}.$$

Проверка делается вычислением ординаты точки A от километровой линии 11.

§ 29. Определение масштаба карт

Определение по километровой сетке. Измеряют одну из сторон какого-либо квадрата километровой сетки в сантиметрах. Стороны квадратов километровых сеток соответствуют на местности одному километру, равному 100 000 см. Частное от деления 1 км в сантиметрах на число сантиметров, содержащихся в стороне квадрата, будет знаменателем масштаба карты.

Например, сторона квадрата километровой сетки равна 4 см, тогда 100 000 : 4 = 25 000, следовательно масштаб карты будет 1 : 25 000.

В зависимости от масштабов карт стороны квадратов имеют следующие размеры (табл. 11).

Таблица 11

Масштабы карт	Размеры сторон квадратов	
	на местности, в км	на карте, в см
1:10 000	1	10
1:25 000	1	4
1:50 000	1	2
1:100 000	1	1

Определение по километровым дорожным знакам. На карте измеряют расстояние между двумя километровыми знаками в сантиметрах. Затем делят полученное количество сантиметров на 1 км, выраженный в сантиметрах. Частное будет масштабом карты.

Например, расстояние между двумя километровыми знаками оказалось равным 10 см. Следовательно, 10 см соответствуют 100 000 см (1 км), отсюда масштаб карты будет: $\frac{10}{100\,000} = \frac{1}{10\,000}$.

§ 30. Ориентирование линий, проведенных на карте

Ориентированием линий, проведенных на карте, называется определение направления относительно истинного или магнитного меридиана.

Определение направления линий производится измерением азимутов или дирекционных углов с помощью транспортира.

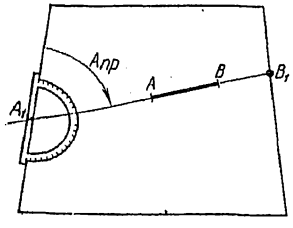


Рис. 62. Определение азимута линии, проведенной на карте.

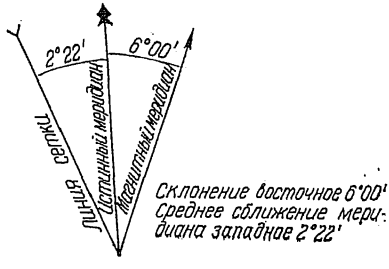


Рис. 63. Схема склонения магнитной стрелки и сближение меридианов.

Пусть требуется определить азимут линии A—B (рис. 62). Продолжим эту линию до пересечения с западной и восточной рамками карты в точках A_1—B_1.

Приложив транспортир к линии A_1—B_1 в точке A_1 так, чтобы нулевой диаметр его проходил по линии меридиана, а центр совмещался с точкой A_1, полученный азимут и будет истинным азимутом линии A—B.

Магнитный азимут данной линии на карте может быть определен по истинному азимуту и углу склонения магнитной стрелки. Угол склонения магнитной стрелки, то есть угол между истинным меридианом и магнитным указывается в нижнем углу карты вместе с углом сближения меридианов (рис. 63).

Для данного примера магнитный азимут равен истинному азимуту минус угол склонения магнитной стрелки.

Например, истинный азимут равен 50°, склонение магнитной стрелки восточное 6°, тогда магнитный азимут будет:

$$A_{маг}=50°-6°=44°.$$

Дирекционный угол определяется измерением угла между линиями километровой сетки и заданной линией (рис. 64).

§ 31. Задачи, решаемые на карте с горизонталями

К задачам, решаемым на карте с горизонталями, относятся: 1) чтение рельефа; 2) определение высоты сечения рельефа; 3) определение высоты горизонтали по высоте точки; 4) определение высоты точки по горизонталям; 5) построение профиля по карте; 6) определение уклонов и углов наклона линий; 7) проведение линии под заданным уклоном или углом наклона; 8) определение границ и площади бассейна водотока.

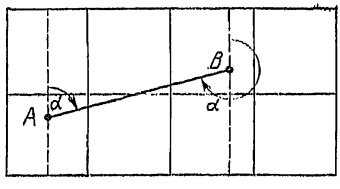


Рис. 64. Определение дирекционного угла линии, проведенной на карте.

Рельеф на планах и картах изображается горизонталями.

Высота сечения рельефа на топографических картах может быть 0,5 м; 1,0 м; 2,5 м; 5,0 м; 10,0 м; 25,0 м; 50,0 м и 100,0 м, в зависимости от масштаба карты, и подписывается на картах под масштабом.

Отметки горизонталей подписываются в их разрывах так, чтобы низ цифр был направлен к подошве ската.

Для удобства счета каждая пятая или десятая горизонталь утолщается.

Иногда проводятся дополнительные горизонтали через половину или четверть принятого сечения. Они называются полугоризонталями и четвертьгоризонталями. Первые изображаются пунктиром длинным, а четвертьгоризонтали — коротким и более тонким.

Направление скатов показывается короткими черточками, перпендикулярными к горизонталям, которые носят название бергштрихи или скатштрихи. Горизонтали вычерчиваются коричневой тушью.

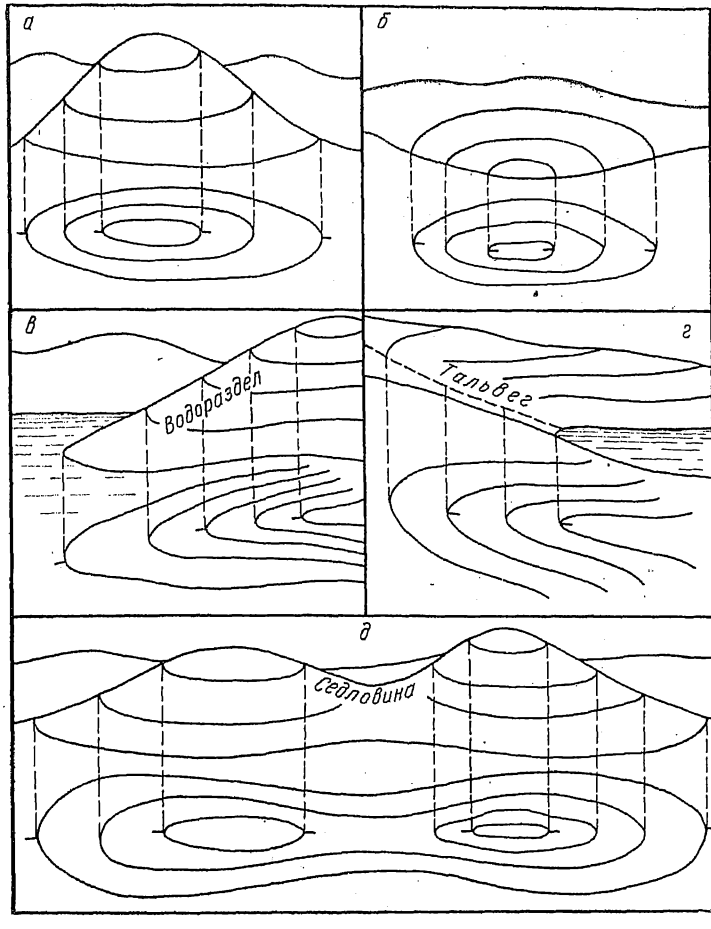


Рис. 65. Основные формы рельефа:
а — гора; *б* — котловина; *в* — хребет; *г* — лощина; *д* — седловина.

Чтение рельефа. Рельеф состоит из различных сочетаний основных форм, каждая из которых имеет свои особенности. Основные формы рельефа земной поверхности: гора, котловина, седловина, хребет, лощина (рис. 65).

Гора — возвышенность более 200 м, при меньшей высоте возвышенность называется *холмом* или *сопкой*. Са-

мая высокая часть горы называется вершиной. Основание горы называется подошвой. Гора на карте изображается замкнутыми горизонталями.

Котловина — замкнутое углубление земной поверхности, изображается замкнутыми горизонталями, бергштрихи направлены внутрь, к понижению.

Седловина — наиболее низкое место между двумя вершинами, называемое перевалом или седлом.

Хребет — удлиненная возвышенность. Воображаемая линия, соединяющая самые высокие точки хребта, называется водораздельной линией. Хребет на картах изображается вытянутыми горизонталями.

Лощина — вытянутое углубление на земной поверхности, с пологими скатами. У лощины дно является самой низкой частью. Линия, соединяющая самые низкие точки по дну, называется тальвегом, или водостоком. Лощина, так же как и хребет, изображается вытянутыми горизонталями, бергштрихи направлены в сторону понижения.

Определение высоты сечения рельефа. Если на карте не указана высота сечения рельефа, то ее можно определить по надписям на горизонталях или по двум точкам с известными высотами.

При первом способе находят две горизонтали на одном склоне с подписанными высотами. Затем определяют разность между этими высотами и делят ее на число промежутков между горизонталями. Например подписаны две горизонтали: 180,0 и 160,0 м (рис. 66). Разность между ними равняется 20,0 м, число промежутков равно 8. Следовательно, высота сечения рельефа горизонталями будет

$$h=20:8=2{,}5 \text{ м.}$$

Полугоризонтали не учитываются.

При втором способе находят две точки с подписанными высотами, расположенные на одном склоне (рис. 67). Разность высот между двумя точками делят на число горизонталей, расположенных между ними, полученное число будет близким к высоте сечения.

Например, высота точки на горе 208,6 м. Вторая точка расположена на склоне с высотою 189,3 м. Число горизонталей между ними равно 7.

Тогда 208,6—189,3=19,3 м, $h=19{,}3:7=2{,}7$ м. Следовательно высота сечения рельефа h будет равна 2,5 м.

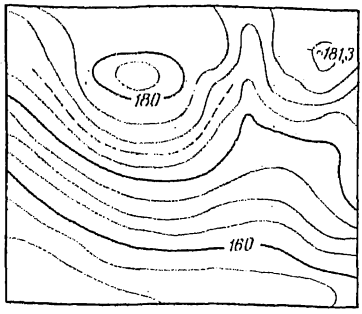


Рис. 66. Определение высоты сечения рельефа горизонталями

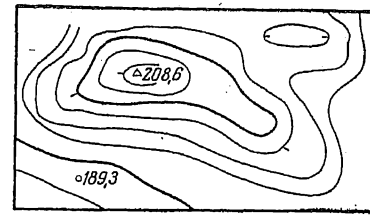


Рис. 67. Определение высоты сечения рельефа по двум точкам с известными высотами.

Определение высоты горизонтали по высоте точки. Для решения этой задачи необходимо знать сечение рельефа. Высотой ближайшей горизонтали будет число, делящееся на высоту сечения без остатка, то есть высота горизонталей всегда кратна высоте сечения рельефа. Например, высота пункта 208,6 м, высота сечения рельефа 2,5 м. Число, делящееся без остатка, будет 207,5 м.

Следовательно, высота первой горизонтали будет равна 207,5 м.

Определение высоты точки по горизонталям. Высота точки по горизонталям определяется в зависимости от ее местоположения:

а) искомая точка расположена на горизонтали;

б) искомая точка расположена между горизонталями.

В первом случае высота искомой точки будет равна высоте горизонтали.

Во втором случае высота точки определяется следующим об-

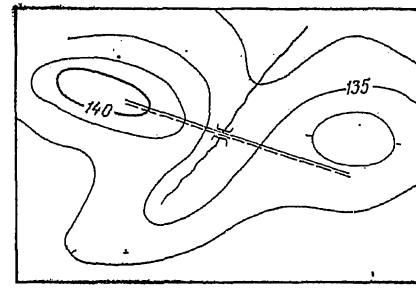


Рис. 68. Определение высоты точки, расположенной между горизонталями.

разом. Если точка расположена на $^1/_2$, $^1/_3$, $^1/_4$ и $^1/_5$ расстояния между горизонталями, то высота ее будет отличаться от высоты горизонтали соответственно на эту часть от высоты сечения. Например, требуется определить высоту точки около моста (рис. 68). Точка располагается на $^1/_3$ от горизонтали с высотой, равной 132,5 м. Высота сечения рельефа горизонталями $h=2{,}5$ м. $^1/_3$ от 2,5 м составит 0,83 м. Тогда высота точки будет равна $132{,}5+0{,}83=133{,}33$ м.

Построение профиля по карте. Профилем называется вертикальный разрез земной поверхности по заданному направлению.

При построении профиля масштаб горизонтальных линий принимают равным масштабу карты, а масштаб вертикальных линий для большей наглядности принимают в 5, 10, 20 раз крупнее горизонтального. Профиль строится на миллиметровой бумаге.

Пусть требуется построить профиль по линии *А—В* (рис. 69). Предварительно вычерчивают профильную сетку с графами «Отметки земли» и «Расстояния».

Построение профиля начинают с откладывания отрезков, равных расстояниям между горизонталями на карте, по линии *А—В* в графе «Расстояния». Измерителем берут расстояние от точки *А* до первой горизонтали. Расстояние равно 160,0 м, это и записывают в графу «Расстояния». Затем так же измеряют расстояние между двумя последующими горизонталями, записывают в ту же графу и продолжают эти измерения до точки *В*.

В тех случаях, когда между соседними горизонталями крутизна ската неодинакова, берут дополнительные точки. В нашем примере взяты три дополнительные точки, первая и третья находятся на вершинах хребтов, вторая — на дне тальвега.

В графе «Отметки земли» подписывают высоты горизонталей и всех дополнительных точек. Все подписанные высоты откладывают в принятом масштабе вверх от условного горизонта. Условный горизонт выбирают на 4—6 м ниже самой низкой отметки земли, подписанной в графе. В нашем примере самая низкая отметка 190,40 м, за условный горизонт принято 186,0 м (удобно брать его четным количеством метров).

Чтобы отложить высоту точки *А*, равную 192,5 м, надо из нее вычесть отметку условного горизонта, равную

186,0 м, оставшееся число 6,5 м отложить в масштабе вверх от условного горизонта против точки *А*. Затем так же откладывают высоты всех последующих точек. Полученные точки соединяют прямыми, которые образуют ломаную линию — профиль поверхности земли по линии *А—В*.

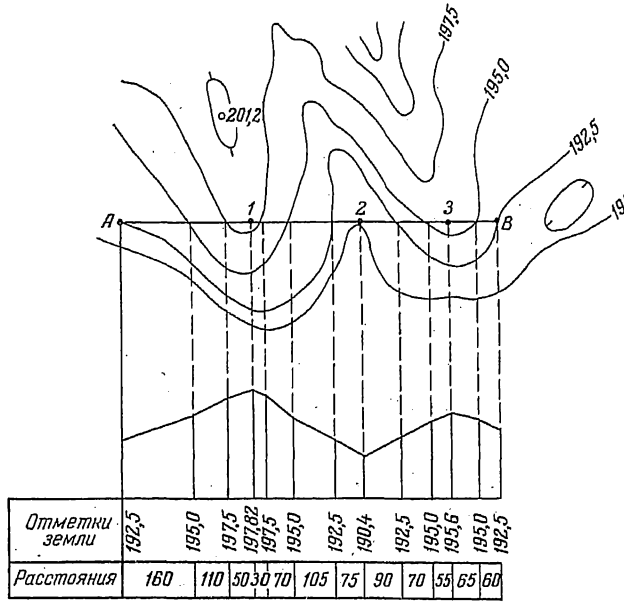


Рис. 69. Построение профиля линии по карте с горизонталями.

Определение уклонов и углов наклона линий. Уклоны и углы наклона линий можно определять графически, для чего строят графики масштаба уклонов и масштаба заложения.

Пусть даны точки *А* и *В*, расположенные на соседних горизонталях (рис. 70), где: h — высота сечения рельефа, d — заложение, α — угол наклона линии к горизонту. Тогда уклон линии *А—В* можно определить по формуле:

$$i = \frac{h}{d}.$$

Задаваясь различными уклонами и зная высоту сечения, можно определить соответствующие заложения d:

$$d = \frac{h}{i}.$$

Например, при $h=2{,}5$ м и $i=$от 0,01 до 0,06 получим заложения d, указанные в таблице 12.

Таблица 12

i	d, в м	i	d, в м
0,01	250,0	0,04	62,0
0,02	125,0	0,05	50,0
0,03	83,0	0,06	41,0

По данным таблицы 12 строят график масштаба уклонов (рис. 71). На вертикальной линии откладывают равные отрезки любой длины и против их концов подписывают значения уклонов. От полученных точек на вертикальной линии проводят горизонтальные линии, равные заложениям d, соответствующие уклонам. Заложение откладывают в масштабе карты. Конечные точки заложений соединяют плавной кривой. Пользуясь графиком масштаба уклонов, можно определить уклоны линий между соседними горизонталями. Для этого берут измерителем расстояние между горизонталями и накладывают его на график масштаба уклонов, передвигая одну иголку измерителя по вертикальной линии до совпадения другой иголки с кривой, при этом иголки должны быть на одном уровне.

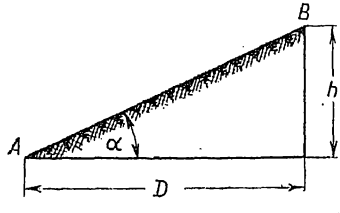


Рис. 70. Зависимость между углом наклона, уклоном и заложением.

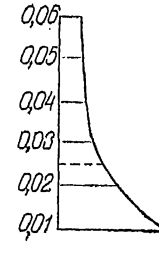


Рис. 71. График масштаба уклонов.

На рисунке 71 по расстоянию, отмеченному пунктиром, уклон получился равным 0,025.

Углы наклона определяют по графику масштаба заложения, который строится так же, как и график масштаба уклонов, только вместо уклонов по вертикали откладывают углы наклона. Заложения определяют по формуле:

$$\operatorname{tg}\alpha=\frac{h}{d},\ \text{или}\ \operatorname{ctg}\alpha=\frac{d}{h},$$

откуда

$$d=h\operatorname{ctg}\alpha.$$

Подставляя в эту формулу значения $\operatorname{ctg}\alpha$, получим при высоте сечения $h=2{,}5$ м заложения, указанные в таблице 13.

Таблица 13

α^0	d, в м	α^0	d, в м
0°30′	286,0	4°	36,0
1°	143,22	5°	28,58
2°	72,0	7°	20,0
3°	47,7		

По данным таблицы строится график масштаба заложения (рис. 72), пользуясь которым определяют крутизну скатов в градусах.

Проведение линии под заданным уклоном или по заданному углу наклона. Предположим, что на карте с горизонталями необходимо провести линию от точки A до точки B с уклоном 0,025 (рис. 73).

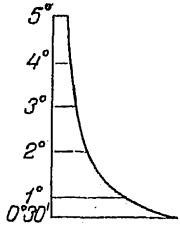


Рис. 72. График масштаба заложений.

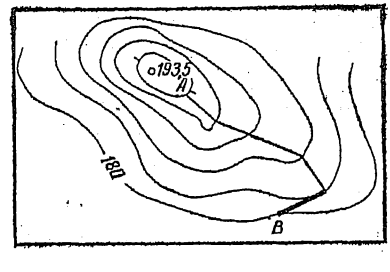


Рис. 73. Проведение линий под заданным уклоном.

Пользуясь графиком масштаба уклонов, берут раствором измерителя заложение, соответствующее заданному уклону, и укладывают так, чтобы оно везде умещалось между соседними горизонталями. По направлению укладываемых заложений проводят линию, соединяющую точки *А* и *В*, которая и будет проходить под заданным уклоном.

Линию с заданным углом наклона проводят также, но только пользуются графиком масштаба заложения.

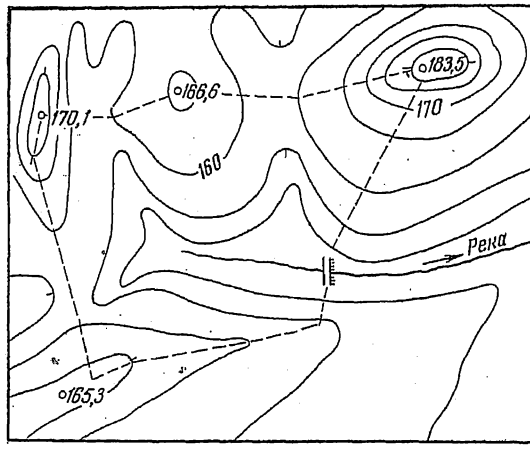


Рис. 74. Определение границ и площади бассейна водотока.

Определение границ и площади бассейна водотока. Водосборной площадью или бассейном называется площадь земной поверхности, с которой вода стекает к данному пункту водотока.

Границей бассейна водотока является водораздельная линия. Эта линия проходит по самым высоким точкам рельефа местности, отделяя бассейн одного водотока от другого. Определения границ и площадей бассейнов водотоков необходимы для расчетов при строительстве плотин, мостов и других сооружений.

Для определения водосборной площади по карте с горизонталями надо на карте наметить границу площади водосбора.

Границу площади водосбора проводят от заданного пункта водотока перпендикулярно горизонталям, а затем

по высоким точкам хребтов (водоразделам) и седловинам.

Например, пусть требуется определить границы и площадь бассейна реки для строительства плотины, по створу, намеченному на рисунке 74.

Определение границ бассейна. От заданного пункта водотока проводят водораздельную линию. Она проходит по хребту на северо-восток, к высоте с отметкой 183,5 м, затем поворачивает на запад, пересекает седловину, подходит к высоте с отметкой 166,6 м, пересекает следующую седловину и подходит к высоте с отметкой 170,1 м. Отсюда водораздельная линия поворачивает на юго-восток, пересекает седловину и подходит к высоте с отметкой 165,3 м. От этой высоты линия поворачивает на северо-восток и проходит по хребту. Замыкающая линия опускается к заданному пункту перпендикулярно горизонталям.

Определение площади бассейна. Площадь бассейна может быть определена палеткой или планиметром *.

Палетка — прозрачный лист целлулоида или плексигласа, разграфленный линиями на квадраты, чаще всего со сторонами в 2 мм. Линии на палетке, образующие квадраты со сторонами в 1 см, делают утолщенными. Площади квадратов палетки, в зависимости от масштаба карты (плана), соответствуют следующим площадям на местности:

Площадь квадрата со сторонами 1 см

при масштабе карты	площадь на местности
1:10 000	1,0 га
1:25 000	6,25 »
1:50 000	25,0 »

Площадь квадрата со сторонами 2 мм

при масштабе карты	площадь на местности
1:10 000	0,04 га
1:25 000	0,25 »
1:50 000	1,0 »

Для определения площади бассейна палеткой ее накладывают на фигуру бассейна, в пределах границ площади бассейна подсчитывают количество целых и коли-

* Определение площади планиметром см. § 18.

чество долей неполных квадратов палетки, оценивая размеры их на глаз. Складывают число целых квадратов с суммой всех неполных квадратов. Суммарное количество квадратов умножают на значение площади квадрата в масштабе карты. Полученное произведение и будет площадью бассейна.

На рисунке 75 приведен пример определения площади палеткой. В пределах границ площади целых квадра-

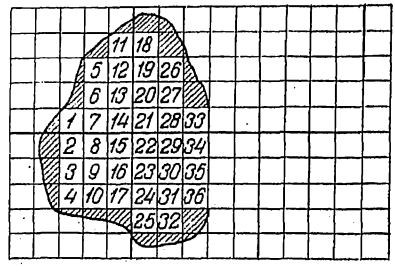


Рис. 75. Определение площади бассейна палеткой.

тов 36, из неполных квадратов получилось около 8,5 квадрата. Следовательно, общее количество квадратов равно 44,5.

При масштабе карты 1 : 25 000 площадь одного квадрата со сторонами 2 мм равна 0,25 га. Отсюда общая площадь фигуры будет $44{,}5 \times 0{,}25 = 11{,}03$ га.

§ 32. Сельскохозяйственные карты и атласы

Сельскохозяйственными называют такие карты, на которых изображено размещение сельскохозяйственного производства или дана характеристика природных условий, знание которых необходимо для правильного ведения сельского хозяйства.

Сельскохозяйственный атлас представляет собой собрание сельскохозяйственных карт, объединенных общим замыслом.

Сельскохозяйственные атласы бывают растениеводческие, животноводческие, отдельных сельскохозяйственных культур, видов животных и др.

Сельскохозяйственные карты бывают крупномас-

штабные (1 : 200 000 и крупнее), среднемасштабные (от 1 : 200 000 до 1 000 000) и мелкомасштабные (мельче 1 : 1 000 000).

По содержанию сельскохозяйственные карты могут быть:

1. Отраслевые, на которых показано размещение различных отраслей сельского хозяйства (растениеводства, животноводства, зерновых и технических культур, размещение сельскохозяйственных предприятий).

2. Карты организации территории, сельскохозяйственной техники, агротехники. К таким относятся карты землепользования и земельных угодий, карты землеустройства, карты мелиораций, карты агротехники и зоотехнии, карты электрификации и механизации сельского хозяйства и др.

3. Карты природных условий. К ним относятся карты агропочвенные, агроклиматические, геоботанические, карты размещения полезных ископаемых, используемых в сельском хозяйстве, карты оценки рельефа для применения тех или иных машин.

Контрольные вопросы

1. Что называется картой, планом и какое между ними различие?
2. Карта какого масштаба принята за основную международную карту и как она получается?
3. Как слагается номенклатура карт масштабов 1 : 300 000, 1 : 50 000, 1 : 2000?
4. Как определяются географические координаты точек на карте?
5. Что называется зоной и откуда ведется счет координат в зоне?
6. Как определяются прямоугольные плоские координаты по карте?
7. Как можно определить масштаб карты по километровой сетке и по километровым дорожным знакам?
8. Как ориентировать линию, проведенную на карте?
9. Что называется горизонталью, высотой сечения рельефа и заложением?
10. Какие задачи можно решать по карте с горизонталями?
11. Перечислите основные формы рельефа; как они изображаются горизонталями?
12. Как определить высоту сечения рельефа по надписям на горизонталях и по точкам с известными высотами?
13. Как определить высоту горизонтали по известной высоте точки?
14. Что называется профилем и как он строится по линии, заданной на карте?

15. Как строятся графики масштаба заложения и масштаба уклонов и их практическое применение?

16. Как проводится линия под заданным уклоном на карте?

17. Что называется площадью бассейна водотока и как проходят его границы на карте с горизонталями?

18. Как определить площадь бассейна палеткой?

Глава VII
АЭРОФОТОСЪЕМКА

§33. Общее понятие об аэрофотосъемке

Аэрофотосъемкой называется фотографирование земной поверхности с самолета или вертолета, специальным аэрофотоаппаратом, оптическая ось которого в момент

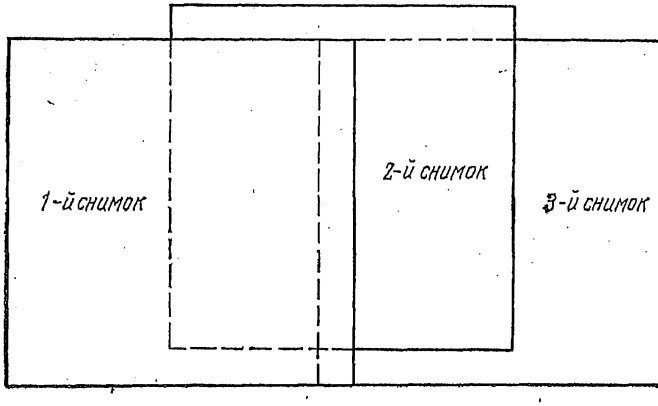


Рис. 76. Продольное перекрытие.

фотографирования занимает отвесное положение. Снимки, полученные в результате воздушного фотографирования, называются аэроснимками.

Аэрофотосъемка применяется для составления планов и карт, при геологических, гидротехнических и инженерных изысканиях, при землеустройстве, геоботанических и почвенных обследованиях, при лесоустройстве и т. д.

Аэрофотосъемка дает возможность получать быстро и с большой точностью снимки, объективно отображающие фотографируемую местность.

Аэрофотосъемка бывает контурная, комбинированная и высотно-стереоскопическая.

В результате контурной съемки получают фотоплан с обозначением границ контуров. Комбинированная съемка использует контурный фотоплан, на который рельеф наносят наземным путем, с помощью мензулы. При высотно-стереоскопической аэрофотосъемке получают топографический план (в горизонталях), путем обработки аэроснимков на специальных стереоскопических приборах.

Аэрофотосъемка может быть маршрутной и сплошной. Маршрутная проводится по одному какому-либо заданному направлению с обязательным перекрытием снимков вдоль маршрута на 50—60% (рис. 76).

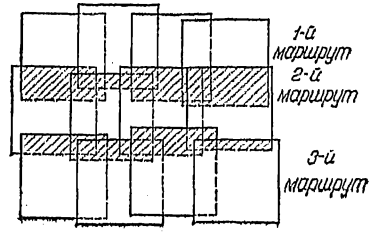


Рис. 77. Поперечное перекрытие.

Сплошная аэрофотосъемка применяется для получения планов и карт больших территорий. Местность покрывается несколькими параллельными маршрутами (залетами). Смежные маршруты должны иметь перекрытие 30—40% (рис. 77).

§ 34. Определение масштаба планового аэроснимка

Масштабом планового аэроснимка называется отношение длины линии на аэроснимке к этой же длине линии на местности. Например, на местности сфотографированы точки A и B, которые на снимке получились в точках a и b (рис. 78).

Из подобия треугольников ASB и bSa имеем:

$$\frac{ab}{AB} = \frac{oS}{SO},$$

где AB — длина линии на местности; ab — длина линии на аэроснимке; oS — фокусное расстояние (f) аппарата; SO — высота (H) аэросъемки.

Отношение $\frac{ab}{AB}$ есть численный масштаб аэроснимка, следовательно

$$\frac{1}{m} = \frac{ab}{AB} = \frac{f}{H}.$$

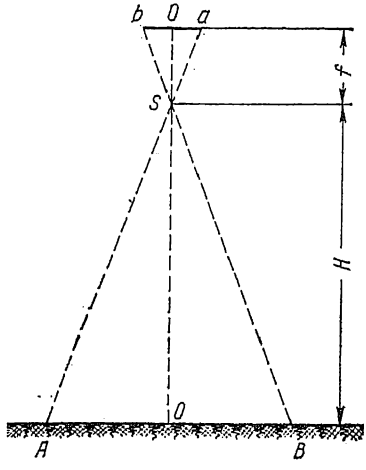


Рис. 78. Определение масштаба аэроснимка.

Из формулы видно, что масштабом аэроснимка называется отношение фокусного расстояния аэрофотоаппарата f к высоте съемки H. Масштаб планового аэроснимка зависит от высоты полета самолета. Чем больше высота H_1 полета (рис. 79), тем больше захват местности (A_1B_1). и, наоборот, чем меньше высота полета (H), тем меньше захват (AB). Таким образом, при равных фокусных расстояниях чем больше высота полета, тем мельче масштаб и, наоборот, чем меньше высота полета, тем крупнее масштаб.

Масштаб аэроснимка зависит также от величины фокусного расстояния объектива аэрофотоаппарата.

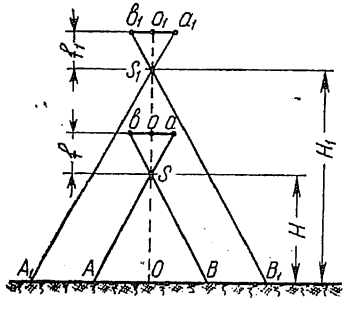


Рис. 79. Влияние высоты фотографирования на масштаб аэроснимка.

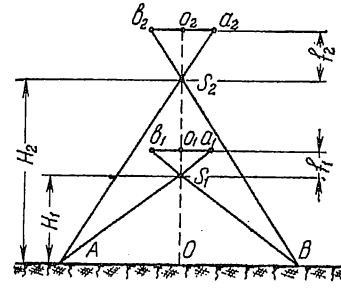


Рис. 80. Влияние фокусного расстояния аэроснимка на масштаб аэроснимка.

Если фотографировать один и тот же участок местности аппаратами с различными фокусными расстояниями, то масштаб съемки будет различный: чем меньше фокусное расстояние, тем мельче масштаб, и наоборот (рис. 80).

Перед аэрофотосъемкой задаются масштабом фотографирования. Учитывая величину фокусного расстояния, рассчитывают высоту фотографирования.

Ввиду того, что оптическая ось аэрофотоаппарата во время съемки не всегда бывает отвесна, а также не всегда бывает возможным выдержать одинаковую высоту полета, снимки получаются разномасштабными. Поэтому для приведения всех снимков к масштабу составляемого плана их исправляют — трансформируют. Трансформирование выполняют на специальных приборах — фототрансформаторах.

§ 35. Составление накидного монтажа, фотосхемы и фотоплана

При аэрофотосъемке значительной территории возникает необходимость соединить отдельные снимки так, чтобы получить одно общее фотографическое изображение заснятой местности. Для этого сначала делают накидной монтаж, затем фотосхему и наконец фотоплан.

Накидной монтаж представляет собой временное соединение аэроснимков путем последовательного наложения их своими перекрывающимися частями.

По накидному монтажу оценивается качество проведенных летно-съемочных работ: выдержано ли заданное перекрытие аэроснимков, направление и высота полета. Снимки монтируют на фанере или картоне, закрепляя их кнопками.

Фотосхема выполняется из нетрансформированных снимков, которые монтируют по общим точкам или контурам и наклеивают на твердую основу. Фотосхему используют для обозрения местности: установления наличия гидрографии, пахотной земли, дорожной сети и т. д.

Фотоплан монтируется из трансформированных снимков. На жесткую основу — чертежную бумагу высшего качества, наклеенную на алюминий или фанеру, наносят по координатам геодезические опорные пункты.

Трансформированные аэроснимки по опознанным на них тем же самым опорным пунктам монтируют (соединяют) на заготовленной основе. Из полезных площадей — средних частей аэроснимков составляют мозаичный фотоплан.

§ 36. Ориентирование аэроснимка

Определить направление меридиана (С—Ю) на аэроснимке можно при помощи карты или непосредственно на местности.

Ориентирование по карте. На аэроснимке и на карте находят по две общие точки (мост на дороге, постройка, поворот дороги и т. д.), расположенные на значительном расстоянии друг от друга. Эти точки соединяют прямой линией. На карте прочерчивают направление истинного меридиана. Затем аэроснимок накладывают на карту так, чтобы линии, соединяющие точки на карте и на аэроснимке, совместились. Аэроснимок можно накладывать в любом месте на совмещаемой линии, следя за тем, чтобы общие контуры карты и аэроснимка располагались на одинаковом расстоянии относительно линии. Когда линии совмещены, на аэроснимок переносят с карты линию направления истинного меридиана.

Ориентирование на местности. На аэроснимке и на местности находят по две одинаковые точки, затем аэроснимок ориентируют так, чтобы линия, соединяющая эти точки на снимке, совпала с направлением между этими точками на местности. После этого на ориентированный снимок кладут компас, против концов магнитной стрелки накалывают направление север—юг. По наколотому направлению прочерчивают линию, которая и будет направлением магнитного меридиана.

§ 37. Дешифрирование аэроснимков

Дешифрирование — это распознавание предметов и контуров местности, изображенных на аэроснимках. При дешифрировании необходимо с возможной полнотой и правильностью составить по видимому снимку характеристику объектов и установить взаимосвязь между ними. В отдельных случаях в задачу дешифрирования входит также изучение следующих процессов: развитие эрозионных явлений, изменение растительного покрова, изменения в размещении населенных пунктов, дорожной сети и т. д. Дешифрирование может быть полевое, камеральное, комбинированное.

Полевое дешифрирование заключается в непосредственном сличении предметов и контуров аэроснимка с со-

ответствующими контурами местности. Полевое дешифрирование достоверно, но трудоемко, требует больших затрат времени и средств.

При камеральном дешифрировании работа проводится в лабораторных условиях с помощью стереоскопов. В этом случае учитываются определенные признаки объектов, изображенных на снимках. В последнее время стали использовать составленные заранее эталоны. Камеральное дешифрирование менее достоверно, чем полевое, но требует меньше времени и средств. В труднодоступных районах (тундра, болото) удобно применять комбинированное дешифрирование (полевое совместно с камеральным). В этих условиях полевое дешифрирование проводится с вертолета с записью на магнитофонную пленку названий опознанных предметов. В зависимости от задач и целей дешифрирование может быть топографическое, сельскохозяйственного назначения, геологическое, лесное, почвенное, геоботаническое и др. При дешифрировании используют общие дешифровочные признаки (форма, размер, тон и тень), конкретные, а также косвенные.

К общим дешифровочным признакам относятся следующие.

Форма. Большему ряду предметов присуща своя геометрическая форма, и все предметы на аэроснимках изобразятся подобными фигурами.

Размер изображения предмета на аэроснимке в первую очередь зависит от масштаба аэрофотосъемки. Чем крупнее масштаб, тем крупнее получится изображение на снимке.

Тон. На черно-белой пленке цветовые оттенки предметов не передаются, а разница в их окраске ощущается различными оттенками почернения эмульсии. Человек способен отличать от 20 до 30 оттенков между черным и белым тоном. Поэтому по различным оттенкам серых тонов можно распознать изображенный предмет. Изменение тона на снимке зависит от отражательной способности предмета, от его освещенности и чувствительности фотоматериала.

Как правило, светлые предметы на местности изображаются на аэроснимках более светлыми тонами, например песок, оголенная сухая почва, полевые дороги; более темным тоном изобразится травяной покров и рыхлая сырая земля.

Тень является общим признаком для всех предметов. По тени можно определять форму и размер предмета; иногда очень мелкие предметы опознаются на аэроснимке только отбрасываемой тени, например кустарник.

Косвенные признаки относятся не к данному объекту, а к окружающим участкам, среди которых находится снимаемый объект (тип растительности, форма рельефа, близость воды и т. д.).

К конктретным дешифровочным признакам относятся следующие.

Границы сельскохозяйственных угодий опознаются на аэроснимках по различию тонов объектов, по различным направлениям рядов вспашки, по наличию лесозащитных полос, расположению полевых дорог, по берегам рек и оврагов. Легче опознать границу, если она соприкасается с лесом, так как границы угодий повторяют очертания границ леса.

Населенные пункты изображаются в виде прямоугольников разных размеров, расположенных в различных направлениях. Сельские населенные пункты связаны между собой сетью дорог и располагаются вблизи рек, ручьев и оврагов. Как правило, от сельских населенных пунктов веером расходятся полевые дороги. К домам примыкают узкими прямоугольными полосами приусадебные участки, часто разделенные живой изгородью. На аэроснимках хорошо видны линии, отделяющие эти участки от больших массивов колхозной земли.

Пути сообщения: а) железные дороги изображаются ясно выраженной ровной линией или плавной кривой большого радиуса закругления, светлым тоном. Часто вдоль дороги располагаются лесные полосы;

б) шоссейные дороги, так же как и железные, изображаются ровными линиями светлого тона, но с более крутыми поворотами. Как правило, шоссейная дорога проходит через населенные пункты и по главной улице;

в) проселочные дороги соединяют между собой селения. На снимках изображаются белыми, тонкими, иногда извилистыми линиями;

г) полевые дороги, так же как и проселочные, изображаются тонкими белыми линиями, но с беспорядочными поворотами, часто теряются, дойдя до какого-либо угодья: лес, сенокос, речка и т. д.

Воды изображаются ровным темным цветом, чаще черным. Белым цветом вода изобразится при условии,

если в фотоаппарат попадет солнечный блик от спокойной зеркальной поверхности. Направление течения реки может быть определено по впадающим притокам, оврагам. Устье притока направлено в сторону течения. На имеющихся островах в реке тупой конец острова обращен против течения, а острый по течению.

Пашни имеют тон от светло-серого до темного. Форма угодий самая разнообразная — от прямоугольной до овальной (между оврагами, на опушках леса). Высохшая пашня изображается светлым тоном, зеленые всходы — серым тоном, созревшие зерновые — светлым тоном. Свежевспаханная пашня показывается темным тоном, причем в этом случае четко видны рядки пахоты, развороты трактора и т. д. Пашни обычно располагаются близ населенных пунктов, на пологих склонах или в верхних частях крутых склонов; непосредственно к рекам и болотам, как правило, не примыкают.

Луга на аэроснимках чаще всего отображены однообразным тоном, но имеют различную форму. Обычно луга располагаются по берегам рек и реже около лесных массивов. Заболоченный луг изображается более темным тоном, скошенный луг ярко-белым. На аэроснимках видны копны и стога сена.

Лесные массивы. Территория Советского Союза на 43% покрыта лесом. При таких громадных просторах аэрофотосъемка нашла широкое применение для картографирования и определения запасов лесов, изучения их географического распространения, изучения характеристики и типов лесов при организации лесозаготовительных работ. При аэрофотосъемке лесов широко используется аэровизуальный метод обследования, который позволяет выяснить запасы леса, места сухостоев, санитарное состояние леса (наличие вредителей), а также дает возможность следить за сезонными изменениями, за искусственным разведением леса и проводить картографирование вырубок. Камеральное дешифрирование удобно проводить по снимкам, снятым весной или осенью, когда лес неполностью покрыт листвой или когда он одет свежей зеленью. Хвойные и лиственные породы обладают разной отражательной способностью. На общем лесном массиве хвойный лес будет изображаться более темным цветом, чем лиственный. Лиственный лес чаще всего располагается группами деревьев; кроны на аэроснимке изображаются отдельными овальными пят-

нами различной формы. Сосновые леса изображаются сплошным тоном и не имеют таких отдельных пятен, как группа лиственных деревьев.

Все общие и конкретные признаки сведены в следующие таблицы (табл. 14, 15, 16).

Кустарники. Площади, занятые под кустарником, изображаются на снимке темно-серым зернистым фоном. Тень от кустарника не всегда видна.

Дешифрирование при помощи стереоскопа. Стереоскопическое зрение основано на том, что предмет рассматривается одновременно с двух точек базиса под

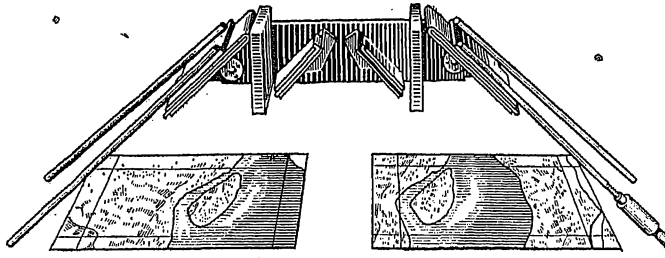


Рис. 81. Стереоскоп.

определенным углом, в зависимости от расстояния предмета до наблюдателя. У человека базисом служит расстояние между центрами зрачков (правого и левого глаза).

Каждый глаз воспринимает изображение предмета самостоятельно, а при рассматривании обоими глазами два изображения, независимо от нашего сознания, воспринимаются как одно объемное изображение (в трех измерениях: длина, ширина и высота).

На этом принципе основано получение стереоскопической модели местности. Так как аэрофотосъемка производится с обязательным перекрытием снимков, то два соседних перекрывающихся снимка имеют общие участки (в месте перекрытия), но снятые с двух различных местоположений самолета. Такие соседние снимки называются стереопарой. Для получения стереоскопического эффекта по снимкам применяют стереоскоп (рис. 81). Стереоскоп состоит из двух малых зеркал *С — С* и двух больших *А — А*, прикрепленных к стойке

Таблица 14

Дешифрирование аэроснимков леса в зависимости от времени года съемки

Зима	Ранняя весна до распускания листьев	Весна—период молодой зелени	Лето	Первая половина осени—пожелтевшая листва
Изображения хвойных пород от изображений лиственных отличаются наиболее четко	Изображения хвойных и лиственных пород мало различимы	Изображения хвойных отличаются от изображений лиственных пород более четко, чем в предыдущий период	Различить хвойные от лиственных можно только по светотеням	Изображения хвойных от изображений лиственных пород отличаются четко. Распознавание по форме тени затруднено

Таблица 15

Таблица изображения различных древостоев (массивов леса) (на аэроснимке)

Порода	Интенсивность тона	Величина кроны и промежутков	Общий вид рисунка	Форма деревьев при рассматривании в стереоскоп
Сосна	Проекции крон и промежутки между ними однородны по тону	Примерно одинаковая	Сравнительно однородный серый тон	Полушар или зонт, висящий в воздухе
Ель и пихта	Проекции крон и светлые промежутки между ними — темные	Самая различная	Пестрый	Конус
Лиственные	То же	Проекции крон больше промежутков	Светлый, пестрый	Полушар, стоящий основанием на земле

Таблица 16

Таблица различия между деревьями отдельных пород в натуре и при рассматривании их изображений на аэроснимке в стереоскоп

Порода	Окраска кроны	Форма верхней части кроны	Высота прикрепления кроны	Общая форма	При рассматривании в стереоскоп		
					форма верхней части кроны	положение кроны по отношению к земной поверхности	протяжение кроны сверху вниз
Сосна	Светло-зеленая с сероватым оттенком	Закругленная (овальная)	Высокое прикрепление	Параболоид	Закругленная	Высоко поднята над землей и как бы висит в воздухе	Небольшое
Ель и пихта	Темно-зеленая	Острая	Низкое прикрепление	Конус	Острая конусообразная	Вид конуса, стоящего на земле	Доходит до поверхности земли
Лиственные	Ярко-зеленая со светло-серым оттенком	Овальная	То же	Параболоид	Закругленная	Уходящая вниз, иногда висит в воздухе	Большое, иногда доходит до поверхности земли

(рис. 82). Стереоскоп устанавливают на столе. Под левое зеркало его кладут левый снимок, а под правое — правый снимок. Наблюдатель рассматривает стереопару сверху в два малых зеркала. От одинаковых точек стереопары лучи идут на большое зеркало, отражаются от него, проходят через лупу и попадают на малое зеркало; вторично здесь отразившись, лучи попадают в правый и левый глаз, где и происходит восприятие объемного изображения. Снимки стереопары

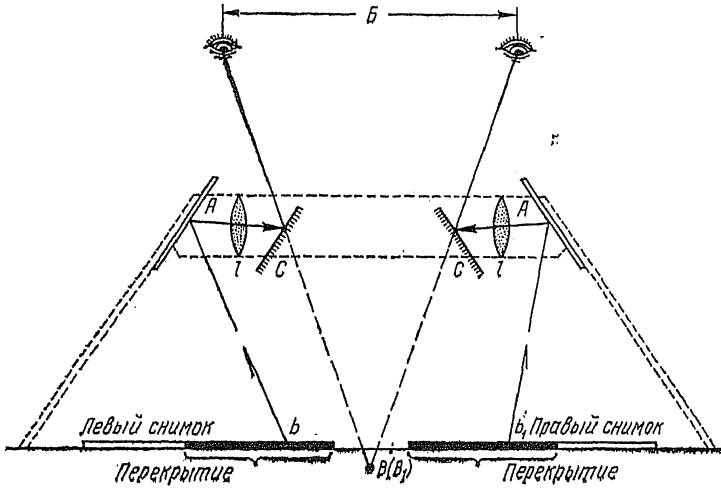


Рис. 82. Ход лучей в стереоскопе.

укладывают под зеркала стереоскопа так, чтобы контуры их совместились в перекрывающейся половине; затем, наблюдая в стереоскоп, аэроснимки осторожно раздвигают до тех пор, пока не исчезнет двоение контуров; в этом случае два изображения сливаются в одно и получается стереоскопический эффект. Таким образом, рассматривая последовательно стереопары одного и того же маршрута, можно получить вполне точное представление о заснятой местности. Иногда, при некоторых сомнениях относительно характера рассматриваемого объекта, полезно использовать ложный стереоэффект. Для получения ложного стереоэффекта снимки стереопары необходимо переместить под зер-

калами: левый снимок положить под правое зеркало, а правый — под левое. В этом случае все возвышенные предметы, в том числе и положительные формы рельефа, будут казаться углубленными, а все углубленные формы, наоборот, поднимутся на такую же величину вверх.

Необходимо правильно располагать стереопары относительно источника света: свет от окна или лампы должен совпадать с направлением теней на снимке. В противном случае может создаться ложное представление о рельефе и предметах, то есть возвышенные места будут казаться углубленными и, наоборот, низкие — завышенными.

При работе с аэрофотоснимками студент должен научиться определять масштаб аэрофотографирования; дешифрировать с помощью зеркального стереоскопа стереопары, пользуясь конкретными и общими дешифровочными признаками; наносить границы угодий с обозначением их условными знаками; имея отметки отдельных точек на характерных местах рельефа и пользуясь стереоскопическим эффектом, проводить горизонтали.

Контрольные вопросы

1. Какие бывают виды аэрофотосъемки?
2. Что такое маршрутная и сплошная аэрофотосъемка?
3. Что называют масштабом аэрофотосъемки и от чего он зависит?
4. Что такое дешифрирование, цель его, виды и способы дешифрирования?
5. Какие общие и конкретные признаки дешифрирования?
6. Принцип стереоскопического зрения.
7. Ход лучей в стереоскопе.
8. Как производится дешифрирование с помощью стереоскопа?
9. Что такое ложный стереоэффект?
10. Как ориентировать аэроснимок или фотосхему?

Раздел второй

ПОЛЕВАЯ УЧЕБНАЯ ПРАКТИКА

Глава VIII
ТЕОДОЛИТНАЯ СЪЕМКА

Теодолитная съемка представляет собой горизонтальную съемку какого-либо участка местности, выполняемую теодолитом. По данным теодолитной съемки составляется план снятого участка местности в подобном и уменьшенном виде *.

Задание на бригаду. Каждой бригаде выделяют земельный участок и поручают: наметить на нем полигон площадью 2,5—3 га; выполнить горизонтальную съемку этого полигона и всех подробностей, находящихся внутри него, и составить план снятого участка по координатам с нанесением ситуации.

Для выполнения работы необходим следующий комплект инструментов, принадлежностей и материалов: теодолит (со штативом), 20-метровая мерная лента со шпильками, вехи — 3 шт., экер, рулетка, рейка, деревянные колышки и журнал теодолитной съемки.

Порядок выполнения работ. Перед началом работ необходимо осмотреть теодолит, произвести его поверки, а затем выполнить задание в следующем порядке:

1) наметить границы участка и закрепить вершины его углов на местности;
2) измерить внутренние углы полигона;
3) определить румбы или азимуты сторон полигона по буссоли;
4) измерить стороны полигона;
5) произвести съемку ситуации.

§ 38. Практическое знакомство с теодолитами

Для работы с теодолитом при измерении углов необходимо знать его основные части и уметь правильно им пользоваться.

* Обработка результатов теодолитной съемки и построение плана по ним изложены в главе III.

Прежде чем вынуть теодолит из ящика, необходимо вначале посмотреть, как он упакован, чтобы после работы уложить его так же. Вынимать теодолит из ящика надо осторожно не на весу, а держа его на земле.

Обращение с теодолитом ТТ-2 (рис. 83). 1) Отвернуть гайку *1* и закрепительный винт *2*; 2) осторожно снять деревянную планку *3*; 3) вынуть теодолит;

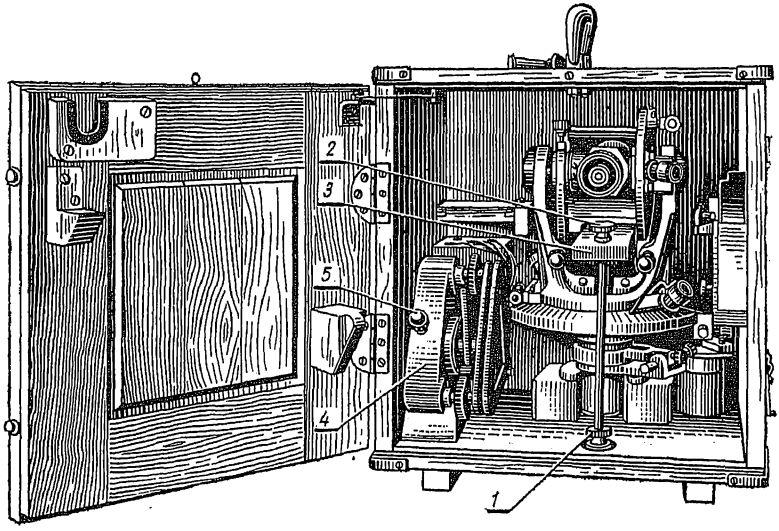


Рис. 83. Упаковка теодолита ТТ-2.

4) снять трегер *4* и прикрепить его к штативу теодолита становым винтом (который находится при его головке), вывернуть винт *5*, установить теодолит на трегер и закрепить винтом *5*.

Обращение с теодолитом с открытым лимбом (рис. 84). 1) Отвернуть гайку *1* и закрепительный винт *2*; 2) осторожно снять деревянную планку *3*; 3) выдвинуть деревянную доску *4*; 4) снизу деревянной доски вывинтить шайбу, которой теодолит прикреплен к доске; на установленный штатив поставить теодолит так, чтобы подъемные винты опирались на гнезда металлической подкладки или головки штатива.

Если штатив имеет деревянную головку, то перед установкой инструмента ослабленные зажимные болты штатива должны быть закреплены.

Теодолит центрируют над точкой отвесом, подвешенным на крючке станового винта, сначала приближенно, путем перемещения штатива над этой точкой. Окончательная центрировка достигается передвижением теодолита по головке штатива в требуемом направлении, для чего ослабляют пружину станового винта, а после

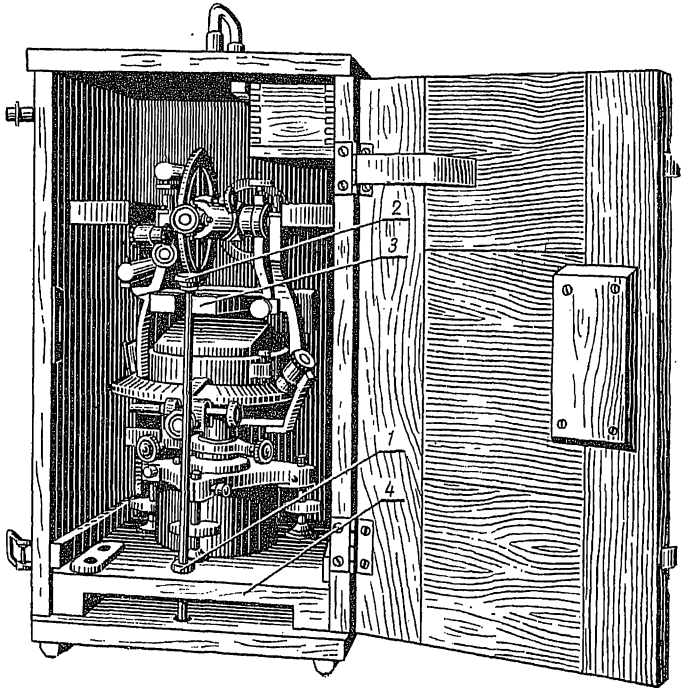


Рис. 84. Упаковка теодолита с открытым лимбом.

центрировки ее опять подтягивают. Одновременно с центрированием теодолита устанавливают его лимб в горизонтальное положение.

Составными частями теодолита являются (рис. 85, 86): деревянный штатив *1*, на который при помощи станового винта *2* прикрепляется теодолит и снизу закрепляется пружиной *3*. Становой винт оканчивается крючком для отвеса (нить с грузом на конце), с помощью которого теодолит центрируют над вершиной измеряемого угла.

На штатив тремя подъемными винтами *4* опирается трегер *5*, который соединен с втулкой лимба (нижний горизонтальный круг *6*). В эту втулку входит верти-

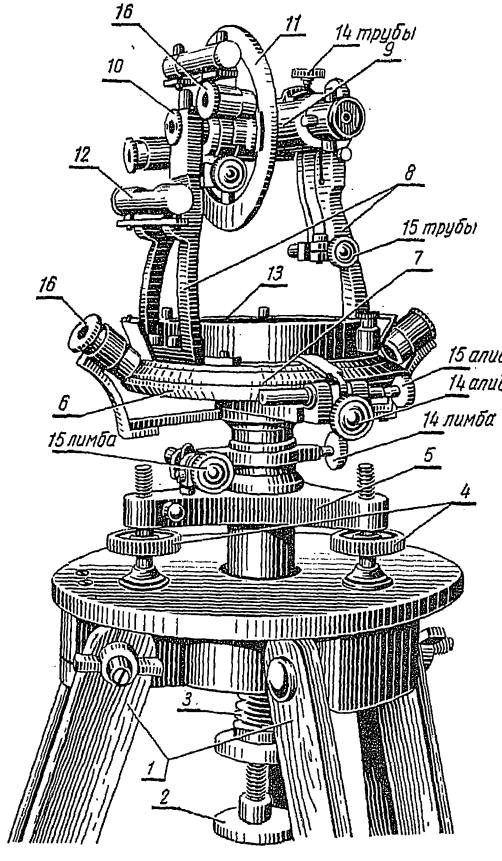


Рис. 85. Общий вид теодолита с открытым лимбом.

кальная ось верхнего горизонтального круга *7*, называемого алидадой.

К алидаде прикреплены две подставки *8* зрительной трубы *9*, которая вращается на горизонтальной оси, закрепленной в подставках *10*.

Для измерения углов наклона (вертикальных углов) служит вертикальный круг *11*. Плоскость лимба приво-

дится в горизонтальное положение по уровню *12*, прикрепленному к алидаде. Некоторые теодолиты имеют при алидаде по два уровня, расположенные взаимно перпендикулярно.

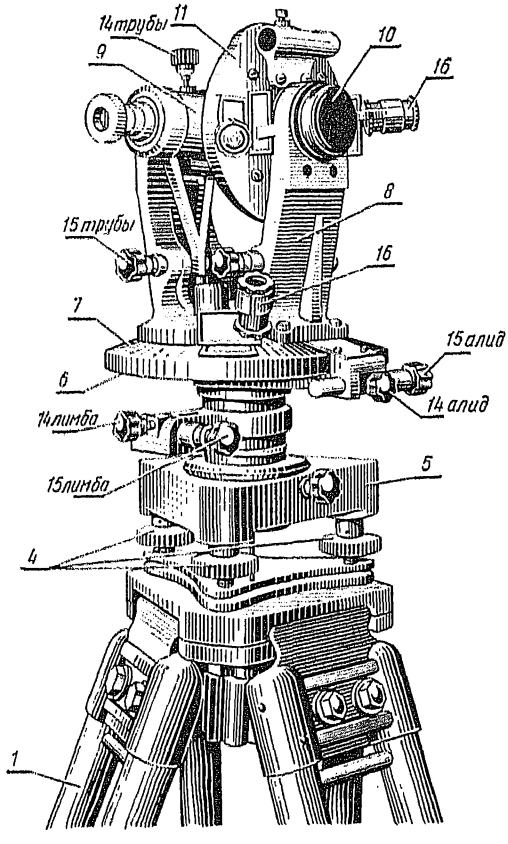


Рис. 86. Общий вид теодолита ТТ-2.

Приведение плоскости лимба в горизонтальное положение производится так. В момент центрирования теодолита смотрят, чтобы головка штатива была приблизительно в горизонтальном положении. Небольшие перекосы головки исправляют, вдавливая ножки штатива в землю с помощью упоров, расположенных на концах ножек. Окончательно лимб приводят в горизонтальное положение по уровням с помощью трех подъемных

винтов. Ослабив закрепительный винт алидады, поворачивают ее до тех пор, пока один из уровней не установится по направлению линии, соединяющей два подъемных винта; затем эти подъемные винты вращают одновременно в противоположные стороны, пока пузырек уровня не станет на середину, а третьим подъемным винтом подгоняют пузырек второго уровня на середину.

Если же на теодолите имеется при горизонтальном круге только один уровень, то после приведения пузырька уровня на середину по двум винтам поворачивают алидаду на 90° так, чтобы уровень стал по направлению третьего винта, и им также подводят пузырек на середину. Эту работу необходимо повторить несколько раз, так как привести лимб в горизонтальное положение с одного раза не удается.

На алидаде под зрительной трубой находится буссоль *13* для ориентирования съемок относительно стран света. Теодолиты ТТ-2 и ТТ-50 имеют накладную буссоль, устанавливаемую сверху вертикального круга. Лимб, алидада и зрительная труба имеют по два винта: закрепительный *14* и наводящий *15* (микрометренный).

Микрометренные винты работают при завернутых закрепительных винтах. Горизонтальный и вертикальный круги снабжены лупами *16* для взятия отсчетов.

В настоящее время, кроме указанных теодолитов, выпускаются теодолиты ТТП, ТТ-5, ТОМ.

Теодолит ТТП (рис. 87) повторительный, закрытый. Таким теодолитом можно измерять, кроме горизонтальных углов, и углы наклона с помощью окулярной насадки. Коэффициент дальномера 100. Теодолит снабжен накладным уровнем (с ценой деления 12′—17′) и уровнем трубы с ценой деления 20″, что позволяет проводить геометрическое нивелирование.

Теодолит ТТ-5 (рис. 88) закрытый. Коэффициент дальномера 100. Точность отсчета по горизонтальному и вертикальному кругам 30″.

Определение точности верньера. До начала измерения углов определяют точность верньера по формуле:

$$t = \frac{l}{n+1},$$

где t — точность верньера; l — цена деления лимба (наименьшее деление лимба); $n+1$ — число делений на верньере.

Следовательно, *точность верньера есть отношение цены деления лимба к числу делений верньера* или разность между величиной делений лимба и верньера.

В некоторых случаях перед нулевым и после конечного штрихов делений верньера имеются дополнительные штрихи. Эти штрихи в общее число делений верньера $n+1$ не входят.

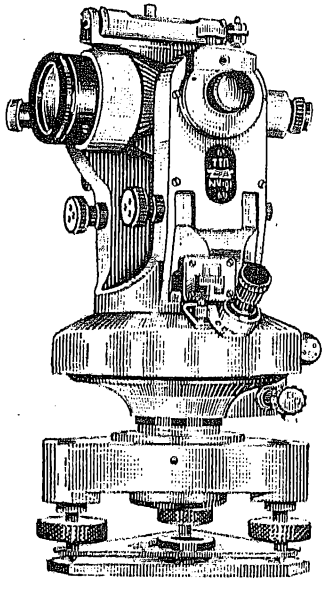


Рис. 87. Общий вид теодолита ТТП.

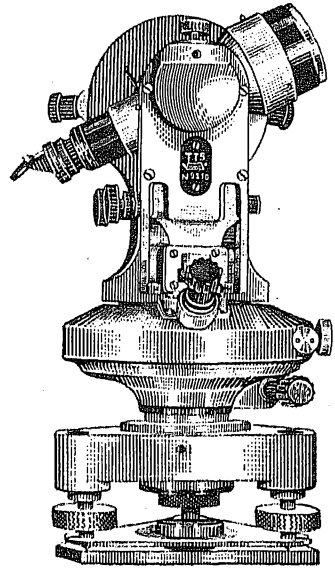


Рис. 88. Общий вид теодолита ТТ-5.

Рассмотрим на практических примерах определение точности верньера для теодолитов с различными делениями лимба.

Пример 1. Лимб разделен на 720 частей, то есть каждый градус поделен пополам (рис. 89).

Следовательно, цена деления лимба l будет равна 30′. При такой разметке лимба общее число делений на верньере $n+1$ равно 30.

Подставляя эти значения в формулу, получим:

$$t=\frac{30'}{30}=1'.$$

Точность верньера равна 1′.

Пример 2. Если лимб разделен на 1080 делений, то это значит, что каждый градус поделен на три части (рис. 90). Следовательно, цена деления лимба l равна 20′. При такой разметке лимба общее число делений на верньере $n+1$ равно 40. Тогда точность верньера будет равна:

$$t=\frac{20'}{40}=30''.$$

Производство отсчетов направлений. Отсчеты направлений в градусах берут на лимбе против нулевого штриха верньера. Эти отсчеты указывают

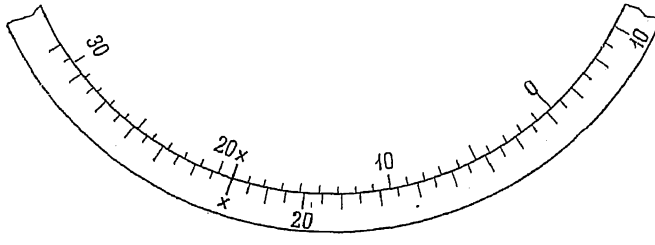


Рис. 89. Отсчет по одноминутному теодолиту.

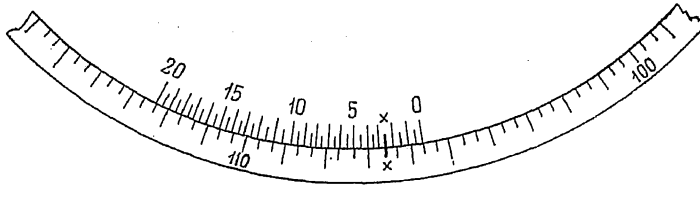


Рис. 90. Отсчет по 30-секундному теодолиту.

положение визирной оси трубы относительно нуля лимба. Закрепив алидаду, смотрят через лупу верньера на лимб и читают, сколько целых градусных делений и минут прошел нулевой штрих верньера. Затем по шкале верньера находят штрих, совпадающий с каким-либо штрихом лимба, который дает дополнительное количество минут и секунд к прочитанным ранее по лимбу.

За совпадающий принимают тот штрих, который точно совпал при перпендикулярном луче зрения через лупу верньера. Для этого лупу нужно передвигать вправо или влево, пока не определится такой штрих.

Разберем, как берутся отсчеты на одноминутном теодолите. На рисунке 89 видно, что ноль верньера про-

шел по лимбу 12°, затем еще штрих, делящий градус пополам, и остановился где-то после него. Следовательно, прочитанный отсчет по лимбу будет 12°30′. Необходимо помнить, что счет делений на лимбе возрастает в направлении хода часовой стрелки. Что же касается числа минут, которое прошел нулевой штрих верньера после полуградусного штриха (30′), то подсчет их ведется по верньеру. Для этого на шкале верньера находят штрих, совпадающий со штрихом лимба. В примере это 19-й штрих от нуля верньера, который и будет дополнительным количеством минут к 30′, прочитанным на лимбе.

В результате окончательный отсчет будет 12°30′+ +19′=12°49′.

На 30-секундном теодолите отсчеты берутся аналогично (см. рис. 90).

Ноль верньера прошел 105°, затем 40′ (два 20-минутных деления) на лимбе и остановился где-то после 40′.

Для подсчета дополнительного числа минут и секунд на шкале верньера находят штрих, совпадающий со штрихом лимба.

В нашем примере совпадающим штрихом на верньере является короткий штрих после второго (длинного) штриха. Это значит, что к 105° 40′ надо прибавить еще 2′30″, взятых с верньера. В итоге окончательный отсчет будет 105°40′+2′30″=105°42′30″.

Перед работой теодолит необходимо осмотреть и убедиться в отсутствии каких-либо внешних дефектов и неисправностей: все ли винты в порядке, нет ли зазоров между краями лимба алидады; затем теодолит проверяют и устраняют обнаруженные недостатки.

§ 39. Поверки теодолита

1. *Ось уровня U — U должна быть перпендикулярна к вертикальной оси вращения инструмента O — O* (рис. 91).

Для этой поверки лимб устанавливают в горизонтальное положение (хотя бы приближенно), как описано выше. Затем поворачивают алидаду на 180°; если пузырек уровня останется на середине, то условие поверки считается соблюденным. Если же пузырек уровня отойдет от середины, значит условие не соблюдено и

надо исправить обнаруженную неперпендикулярность осей. Для этого подсчитывают, на сколько делений уровня отклонился пузырек. Ошибку в размере половины делений устраняют исправительным винтом уровня с помощью специальной шпильки. Поверку и исправления повторяют несколько раз до полного устранения ошибки.

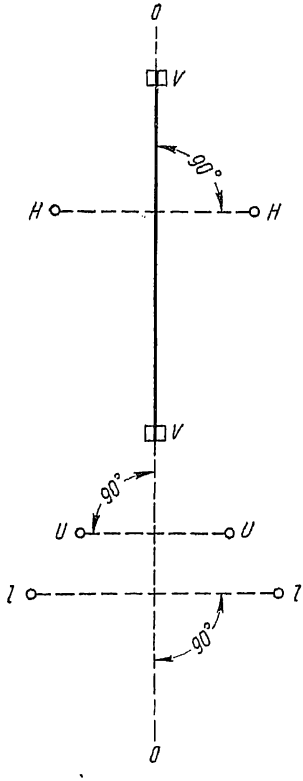


Рис. 91. Схема расположения осей теодолита:

O—O — ось вращения инструмента; *l—l*—плоскость лимба; *U—U*—ось уровня; *H—H*—ось вращения трубы; *V—V* — визирная ось трубы.

2. *Визирная ось V—V трубы (воображаемая ось, которая проходит через оптический центр объектива и точку пересечения сетки нитей) должна быть перпендикулярна оси вращения H — H трубы.*

Открепляют зажимные винты алидады и трубы (винт трубы находится сверху горизонтальной оси вращения трубы). Потом трубу наводят на какой-либо предмет и замечают любую точку. Для резкого изображения наблюдаемой точки пользуются кремальерным винтом окулярного колена. В теодолите с внутренней фокусировкой резкость достигается вращением на трубе кремальерного кольца, имеющего на поверхности нарезку (риску). Затем на замеченную точку наводят центр сетки нитей трубы теодолита с помощью микрометренного винта алидады, который расположен рядом с закрепительным винтом.

Для приблизительной наводки центра сетки нитей на точку в вертикальной плоскости опускают или поднимают трубу рукой. Точную наводку производят микрометренным винтом трубы, расположенным на подставке трубы, под закрепительным винтом.

Необходимо помнить, что при пользовании микро-

метренными винтами основные зажимные винты должны быть закреплены.

Закончив наводку центра сетки нитей на точку, берут отсчет по верньеру I горизонтального круга и записывают его. Потом ослабляют закрепительный винт трубы и переводят ее рукой через зенит, чтобы объектив встал на место окуляра, а окуляр на место объектива. После этого ослабляют закрепительный винт алидады, трубу наводят на ту же точку и еще раз берут отсчет (по верньеру II).

Например, первый отсчет 50°00′ (по верньеру I), второй 50°06′ (по верньеру II). Разность между отсчетами дает угол 6′ — это будет двойная коллимационная ошибка. Среднее арифметическое из двух отсчетов, в нашем примере равное 50°03′, будет свободно от коллимационной ошибки.

На этот средний отсчет устанавливают алидаду, пользуясь тем верньером, по которому брали отсчет. При такой установке алидады центр сетки нитей трубы, сдвинутый с намеченной точки, наводят на эту точку исправительными винтами сетки нитей. Для этого отпускают вертикальные винты, а горизонтальными перемещают сетку до тех пор, пока центр сетки нитей не попадет на намеченную точку.

3. *Ось вращения трубы Н — Н должна быть перпендикулярна оси вращения инструмента О — О (или подставки, на которых лежит ось трубы, должны быть равны между собой).*

Наводят центр сетки нитей трубы на какую-либо высокую точку на стене здания. Закрепив алидаду и опустив трубу вниз, отмечают карандашом по центру сетки нитей вторую точку внизу. После этого, ослабив винты алидады и трубы, поворачивают алидаду примерно на 180°, а трубу переводят через зенит и точно наводят центр сетки нитей опять на верхнюю точку. Затем трубу снова опускают вниз и следят, попал ли центр сетки нитей на нижнюю отмеченную точку. При совпадении его с нижней точкой условие третьей поверки считается выполненным.

Если центр сетки нитей не попал в ранее отмеченную точку, то необходимо внизу отметить вторую точку.

Расстояние между этими точками делят пополам. После этого приступают к исправлению, для чего с помощью винта на подставке, имеющей разрез, стяги-

вая его или расширяя, тем самым поднимая или опуская один конец оси трубы до тех пор, пока центр сетки нитей постепенно не переместится на половину отклонения его от нижней точки и не попадет в середину между намеченными двумя точками.

После этого поверку повторяют и, если окажется вновь некоторое непопадание центра сетки нитей на нижнюю точку, опять исправляют положение оси трубы так, как указано выше, пока условие третьей поверки не будет выдержано. Эту же поверку возможно производить по длинному шнуру отвеса, укрепленного на столбе или на стене в 10—15 м от инструмента.

Условие третьей поверки у теодолитов ТТ-2 и ТТ-50 выпуска последних годов, как правило, обеспечивается заводом.

§ 40. Малый оптический теодолит ТОМ

Теодолит ТОМ (рис. 92) применяется для измерения горизонтальных и вертикальных углов, а также для нивелирования горизонтальным лучом (на трубе теодолита установлен уровень).

Теодолит ТОМ имеет стеклянные горизонтальный и вертикальный круги, с разграфкой через 10′ и оцифровкой каждого градуса.

Отсчеты по кругам производят по нити оптического микроскопа. В поле зрения этого микроскопа видны совмещенные изображения вертикального круга *В* и горизонтального *Г* (рис. 92, *б*). Цена деления кругов 10′. Точность отсчитывания 0,1 деления (оценивается на глаз), то есть до 1 минуты. На рисунке 92, *б* отсчет по горизонтальному кругу равен 226°33′, а на вертикальном круге 359°57′.

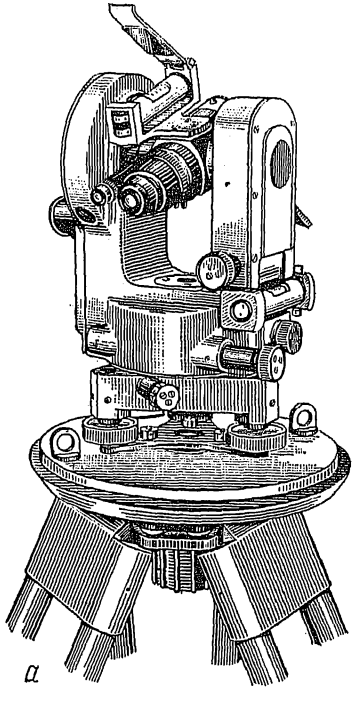
В комплект теодолита входит накладная азимутальная буссоль и окулярная насадка для визирования при больших углах наклона.

§ 41. Выбор полигона и закрепление вершин его углов на местности

Вершины полигона выбирают в таком месте, чтобы были видны следующие соседние вершины (предыдущая и последующая). В вершинах полигона забивают до уровня земли деревянные колышки — точки.

Если вершину полигона необходимо отметить более точно, то на верхней стороне колышка прочерчивают карандашом крест с центром, совпадающим с вершиной полигона.

Для нахождения точки рядом забивают в землю другой колышек (сторожок), возвышающийся над землей на 10—20 см, на котором пишут номер точки.



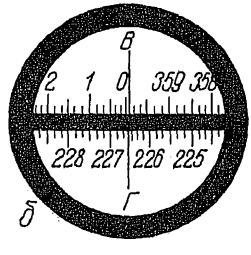


Рис. 92. Теодолит ТОМ (*а*) и вид делений горизонтального и вертикального кругов (*б*).

Вокруг кола (вершины полигона) вырезают в земле или дерне контур треугольника (канавку глубиной 5—10 см, со сторонами 40—50 см).

§ 42. Измерение горизонтальных углов полигона теодолитом

Эту работу выполняют в следующем порядке: над каждой вершиной угла (точкой) полигона устанавливают теодолит в рабочем положении (центрируют его и приводят лимб в горизонтальное положение по уров-

ням). На концах линий, исходящих из вершины угла, то есть в вершинах смежных углов полигона, ставят вехи (рис. 93).

Затем закрепляют лимб зажимным винтом, открепляют алидаду и трубу наводят на правую точку (заднюю) по направлению хода часовой стрелки. Вначале наводку делают приближенно поворотом трубы рукой, а как только веха покажется в поле зрения трубы, закрепляют алидаду и трубу и окончательно наводят трубу на веху микрометренными винтами.

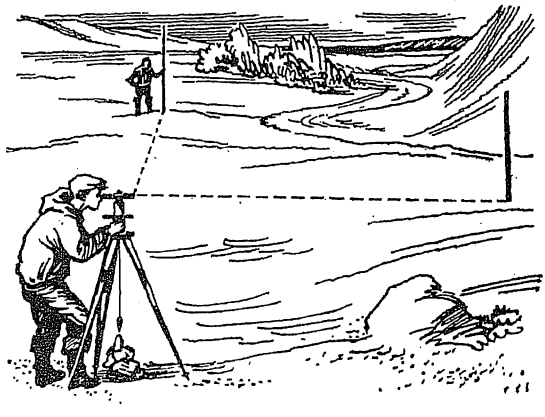


Рис. 93. Установка теодолита над вершиной угла и его измерение.

Наводка должна быть сделана так, чтобы средняя нить сетки подходила под основание вехи, а вертикальная нить делила ее пополам (рис. 94).

После этого берут отсчеты по верньерам, которые обозначены номерами I и II.

Обычно по верньеру I отсчитывают градусы, минуты и секунды, а по верньеру II только минуты и секунды. Из отсчетов по двум верньерам берут средний, который будет свободен от влияния эксцентриситета алидады.

Полученные отсчеты записывают в журнал теодолитной съемки. Затем, предварительно открепив зажимные винты алидады и трубы, трубу наводят на левую веху (переднюю) так же, как и на заднюю веху. Отсчеты по верньерам берут в том же порядке и записывают в журнал теодолитной съемки.

Описанная работа с теодолитом на вершине угла и является процессом измерения угла. По полученным отсчетам вычисляют угол.

Если отсчеты на заднюю и переднюю вехи брали при нахождении вертикального круга справа от трубы, то такое измерение называется «при круге вправо» и сокращенно обозначается КП, а самое измерение называется полуприемом.

Как правило, углы измеряют полным приемом, то есть двумя полуприемами — при «круге вправо» и «круге влево».

Двумя полуприемами (КП и КЛ) угол измеряют для контроля и исключения коллимационной ошибки. Чтобы

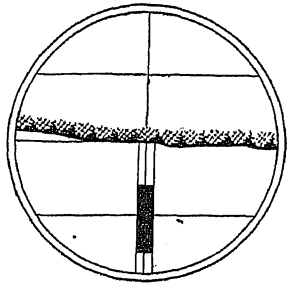


Рис. 94. Наводка центра сетки нитей на веху.

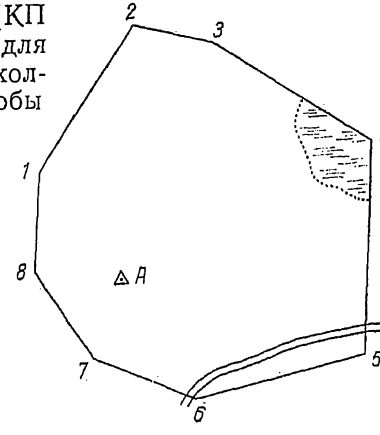


Рис. 95. Схема снимаемого участка.

измерить угол при другом положении круга, например после измерения при КП, необходимо трубу перевести через зенит.

Во избежание грубых просчетов по лимбу углы при втором полуприеме измеряют при смещенном лимбе, для чего открепляют зажимной винт лимба, поворачивают его на произвольное небольшое количество градусов и снова закрепляют. Затем угол измеряют при втором положении вертикального круга аналогично первому полуприему с занесением отсчетов в журнал теодолитной съемки.

При измерении углов в поле ведут журнал (табл. 17).

В первую графу вписывают точки стояния инструмента, то есть точки, при которых измеряются углы, например точка *1* (рис. 95).

Таблица 17

№ станции	№ точек визирования	Отсчеты читанные верньеры I градусы	Отсчеты читанные верньеры I минуты	Отсчеты читанные верньеры II минуты	Отсчеты средние	Углы вычисленные градусы	Углы вычисленные минуты	Углы средние	Магнитные румбы или азимуты прямые и обратные	Длины линий, в м	Угол наклона
						КП					
	8	112	13	12	12′30″	254	42′				
	2	217	30	31	30′30″						
1						КЛ		254°42′22″,5			
	8	351	16′30″	16	16′15″	254	42′45″		165°		
	2	96	33	34	33′30″						

Во вторую графу записывают наблюдаемый предмет — вехи, на которые наводят трубу теодолита.

В следующие графы вписывают отсчеты по верньерам: по верньеру I — градусы, минуты и секунды, а по верньеру II — только минуты и секунды; среднее из двух отсчетов вписывают в соответствующую графу.

Для вычисления величины угла нужно из среднего отсчета на заднюю точку вычесть средний отсчет на переднюю точку, а полученные результаты записать в графу «Углы вычисленные».

Если отсчет на заднюю точку меньше отсчета на переднюю, то к нему следует прибавить 360°, а потом проводить вычисления. Такие же вычисления проводят по записям КЛ (круга влево). Среднее получается из углов, измеренных при КП и КЛ.

Если величины угла, полученные от измерения при круге вправо и при круге влево, не расходятся больше чем на двойную точность верньера, то можно вычислить среднее из двух измерений, а инструмент перенести на следующую вершину полигона (*2*).

В случае расхождения больше *2t* (двойной точности верньера) угол измеряется заново.

Измерение второго угла начинается с наведения трубы на правую (заднюю) точку, то есть в данном случае на точку *1*, а передней будет точка *3*. Угол также измеряют при двух положениях вертикального круга (КП и КЛ), из которых потом берут среднее, то есть работу проводят аналогично тому, как проводили в точке *1**.

Определение румбов или азимутов сторон полигона. После измерения углов на каждой точке определяют по буссоли румб или азимут линий для ориентирования участка и записывают их в соответствующую графу журнала теодолитной съемки.

При измерении румбов или азимутов линий трубу теодолита сначала наводят всегда на переднюю точку (для получения прямого румба или азимута).

Градусная величина румба читается по обоим концам магнитной стрелки. Из двух отсчетов берут среднее значение. Так же определяют обратный румб на заднюю точку. Направление румба определяется по

---

* Дальнейшая обработка журнала показана в первом разделе в главе «Обработка результатов теодолитной съемки».

ближайшему концу стрелки (северному или южному) по отношению к 0° буссоли, который находится под объективом трубы; первая буква румба берется в зависимости от конца, который ближе к направлению линии; например, ближе южный конец стрелки; следовательно, первая буква будет Ю (юг); нуль буссоли отклонился вправо от стрелки, то есть на запад; следовательно,

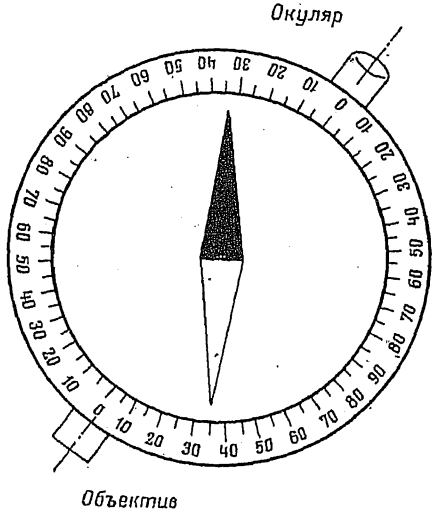


Рис. 96. Отсчет по буссоли.

вторая буква — З (запад); получим румб равный ЮЗ: 35° (рис. 96). Отсчеты румбов и азимутов берут с точностью до $^1/_4$ градуса (15′).

После измерения угла и румба на первой точке инструмент переносят на вторую точку.

§ 43. Вешение и измерение сторон полигона

Стороны полигона измеряют между вершинами его углов по прямой линии; если длина линии больше 200 м, то ее предварительно провешивают. Для этого между двумя конечными вехами по прямой линии ставят дополнительные. Вешение можно проводить теодолитом или на глаз, причем надо вести его на себя, то есть сначала ставить вехи дальние, последовательно приближая

их к исходной начальной вехе. Например, требуется провешить линию *1—2* на местности (рис. 97). Для этого в точках *1* и *2* ставят вехи. Затем наблюдатель становится в точке *А*, то есть в 2—3 м сзади вехи *1*, так, чтобы можно было видеть одновременно вехи в точках *1* и *2*. Помощник наблюдателя идет с вехой на место, где должна быть поставлена веха *3*, и устанавливает ее точно в створе вех *1* и *2* по сигналам, которые дает наблюдатель.

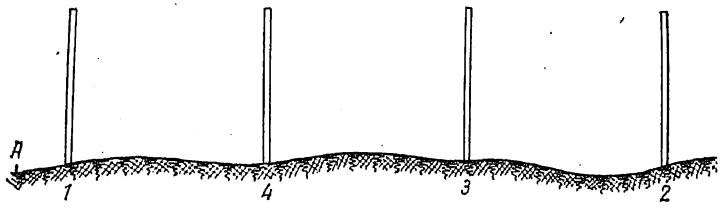
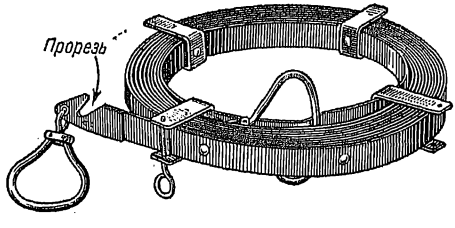


Рис. 97. Вешение линий.



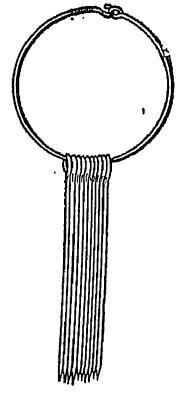


Рис. 98. Мерная лента со шпильками.

В такой же последовательности устанавливают вехи *4* и *5*.

Линии на местности измеряют 20-метровой стальной лентой (рис. 98). В нерабочем состоянии ленту хранят и переносят намотанной на железное кольцо. С кольца ленту разматывают очень осторожно и вытягивают в длину по направлению измеряемой линии. При этом следят за тем, чтобы лента не образовала петли, так как это может привести к поломке.

Перед измерением длин линий ленту необходимо прокомпарировать (выверить), то есть сравнить ее длину с длиной ленты, которая выверена на специальном приборе — компараторе.

Если в результате сверки лент получена разность между ними, или, иными словами, поправка за компарирование ленты, то ее необходимо учитывать. Истинная длина линии может быть вычислена по формуле:

$$L = 20n \pm nq + m,$$

где n — число уложенных лент; q — поправка за компарирование; m — остаток.

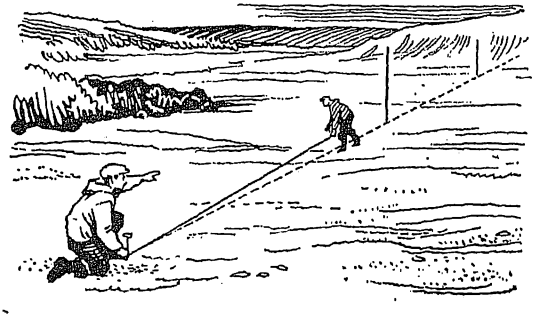


Рис. 99. Измерение линий лентой.

Поправку берут со знаком плюс, если применяемая лента оказалась длиннее нормальной, и со знаком минус, если лента короче. Например, линия на местности измерена лентой, которая была короче нормальной на 0,08 м. В результате измерения получили длину линии 207,5 м. Тогда истинная длина линии с учетом поправки будет равна $L = 20 \cdot 10 - 10 \cdot 0{,}08 + 7{,}5 = 206{,}7$ м.

При ленте должны быть железные шпильки комплектом из 6 или 11 штук для отметки начала и конца ленты, уложенной по длине линии. Линию на местности измеряют два человека (рис. 99). Задний по ходу мерщик вкалывает шпильку в землю в начальной точке, цепляет на шпильку прорезь ленты и следит, чтобы передний мерщик вытянул ленту по направлению измеряемой линии, направляя его по выставленной вехе; передний мерщик укладывает ленту в требуемом направлении, затем встряхивает ее, натягивает и конец закрепляет шпилькой через прорезь. После этого перед-

ний мерщик снимает ленту со шпильки (оставляя последнюю в земле) и идет дальше, а задний, подойдя к стоящей шпильке, надевает прорезь ленты на эту шпильку и указывает впереди идущему направление, по которому лента должна быть уложена, и т. д. Передний мерщик, расставив все шпильки, останавливается и получает их от заднего мерщика. Задний мерщик отмечает в журнале число отложенных лент, и затем измерение продолжают в той же последовательности.

Для контроля линию измеряют дважды, в прямом и обратном направлении, и берут среднее значение. Допускается относительное расхождение между измерениями линии не более 1/1000.

§ 44. Съемка ситуации (подробностей)

Ситуацию в поле можно снимать различными способами: обхода, полярным, засечек и перпендикуляров.

Способ обхода применяется при съемке закрытых участков (заселенных, застроенных и пр.). На таком участке сначала прокладывают замкнутый полигон. Затем (рис. 95) измеряют все внутренние углы его и длины линий (между вершинами полигона).

Полярный способ съемки применяется при съемке открытой местности в крупном масштабе. Для съемки выбирают какую-либо точку (менее удаленную от снимаемого объекта) и линию. На рисунке 100 такой точкой является вершина полигона *4*, а линией — *4—5*. Точка *4* будет называться полюсом, а линия *4—5* полярной осью (поэтому способ называется полярным). На снимаемом участке намечают ряд характерных точек с таким расчетом, чтобы правильно отобразить его контур. Затем измеряют расстояния от полюса до этих точек; измеренные расстояния называются радиусами-векторами. Дальше измеряют углы между линией *4—5* (полярной осью) и направлениями на намеченные точки.

Съемку выполняют в такой последовательности. Теодолит ставят над точкой *4* и приводят его в рабочее состояние, то есть центрируют лимб и устанавливают его в горизонтальное положение. Лимб ориентируют по полярной оси (линия *4—5*), для чего открепляют зажимные винты лимба и алидады, совмещают их нули (по верньеру I — для удобства отсчитывания). Трубу на веху точки *5* наводят поворотом лимба (вначале гру-

бой наводкой рукой, затем микрометренным винтом лимба). Затем лимб закрепляют и в таком положении оставляют до конца съемки всех подробностей с этой точки. Дальше зажимной винт алидады открепляют, трубу теодолита наводят на рейку, последовательно устанавливаемую на выбранных точках, а по верньеру I берут отсчеты.

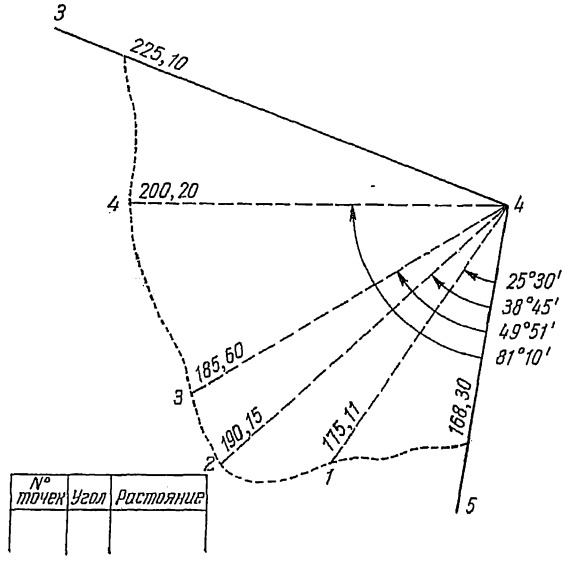


Рис. 100. Абрис полярного способа съемки.

Разность, полученная между первоначальным отсчетом 0° и отсчетом на данную точку, даст угол, исчисляемый от выбранного направления — полярной оси (линия *4—5*). А так как начальный отсчет равен 0°, то взятый отсчет по верньеру I и будет являться углом.

Взяв отсчеты на все точки, трубу снова наводят на начальную точку *5*, и если отсчет получился $0°0' \pm 2' - 3'$, то, значит, в течение съемки в данной точке лимб не сбился; в противном случае работу необходимо повторить.

При полярном способе съемки расстояния от точки стояния теодолита до снимаемой измеряют по дальномеру. Измеренные углы и расстояния записывают в таблицу при абрисе.

Определение расстояний дальномером. Для определения расстояний дальномером необходимо иметь на сетке трубы теодолита, кроме среднего креста нитей (то есть горизонтальной нити), допол-

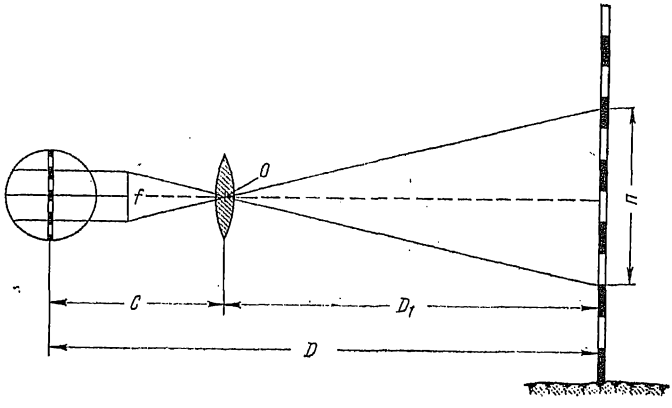


Рис. 101. Измерение расстояния дальномером.

нительные дальномерные нити. Дальномерные нити нарезаны с таким расчетом, чтобы при визировании между ними уместилось 100 делений рейки, когда теодолит находится на расстоянии 100 м от рейки. В этом случае одно деление рейки будет соответствовать 1 м, то есть коэффициент дальномера будет равен 100.

Для определения расстояний по дальномеру визирную ось зрительной трубы наводят так, чтобы одна дальномерная нить совпадала с началом какого-нибудь деления рейки, а по другой дальномерной нити берут отсчет, например на рисунке 102 первый отсчет равен 700, а второй 864 (отсчеты берутся в миллиметрах).

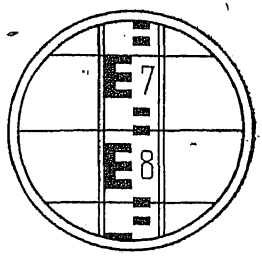


Рис. 102. Отсчет по рейке дальномером.

Расстояния по дальномеру определяются по формуле:

$$D = K \cdot n + c,$$

где D — искомое расстояние; K — коэффициент дально-

мера; n — число делений по рейке между дальномерными нитями (или разность отсчетов); c — постоянное число, равное 30 см для теодолитов, имеющих зрительную трубу с внешней фокусировкой. Для труб с внутренней фокусировкой это число практически равно 0.

Например, требуется определить расстояние по дальномеру до рейки, на которой были взяты отсчеты 700 и 864, при коэффициенте дальномера 100:

$$n=864-700=164 \text{ мм};$$

$$D=164\cdot 100=16\,400 \text{ мм}=16{,}4 \text{ м}+0{,}30=16{,}70 \text{ м}.$$

Определение коэффициента дальномера теодолита. На ровной местности забивают колышек *1*, от него отмеряют отрезок c длиной 40—50 см и дальше по прямой линии стальной лентой тщательно отмеряют 50 и 100 м; эти точки отмечают колышками *2* и *3* (рис. 103).

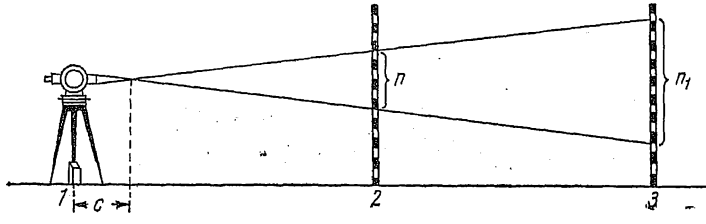


Рис. 103. Определение коэффициента дальномера.

Над точкой *1* устанавливают теодолит, а в точках *2* и *3* последовательно ставят рейку, по которой отсчитывают число делений. Трубу теодолита наводят так, чтобы верхняя крайняя нить совпадала с каким-либо целым числом делений, например 100 см. После этого по нижней крайней нити берут второй отсчет, который получился, допустим, по рейке, установленной на расстоянии 50 м, равным 150 см.

Вычисленная разность этих отсчетов n равняется числу делений по рейке, выраженному в сантиметрах.

Коэффициент дальномера определяют по формуле:

$$K=\frac{D'}{n},$$

где D^1 — расстояние от переднего фокуса объектива до рейки; n — число делений по рейке.

Для нашего примера коэффициент дальномера будет равен:

$$K = \frac{50 \cdot 100}{50} = 100.$$

Таким же путем коэффициент дальномера определяют для расстояния в 100 м.

Из вычисленных коэффициентов дальномера берут среднее значение.

Способ засечек. Этот способ применяют для определения местоположения недоступных точек. Для этого выбирают базис, за который, как правило, принимают одну из сторон полигона или часть стороны, например отрезок *7—8* (рис. 104). Теодолит устанавливают последовательно в точках базиса *7—8* и измеряют прилежащие к базису углы. С одной точки базиса угол *A*, *7*, *8* и с другой точки угол *A*, *8*, *7*.

По полученным данным можно определить местоположение точки *A*.

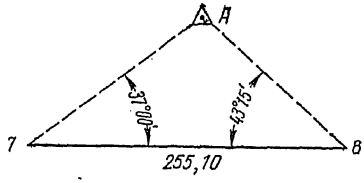


Рис. 104. Абрис съемки способом засечек.

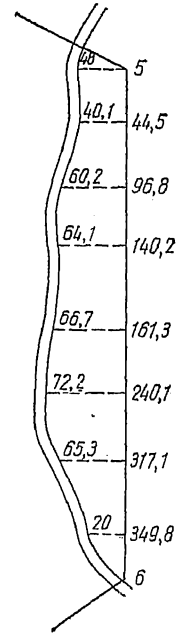


Рис. 105. Абрис съемки способом перпендикуляров.

Способ перпендикуляров используют при съемке вытянутых контуров (берега реки, оврагов и т. д.). Для съемки необходимо иметь экер и ленту или рулетку. С помощью экера можно восстанавливать и опускать перпендикуляры. Для съемки берега реки, которая протекает вдоль линии полигона *5—6* (рис. 105), ставят вехи, а на берегу реки намечают характерные точки. Съемщик, передвигаясь с экером по линии *5—6*, должен найти точку, в которой перпендикуляр, опущен-

ный из намеченной точки, пересечет эту линию. Одновременно он следит за тем, чтобы изображение вехи *6*, попавшее на зеркало, ближайшее к наблюдателю, и отразившееся в другом, было бы в одной вертикальной плоскости с вехой, стоящей на берегу реки (наблюдение за ней ведут в окошечко экера).

Точка на линии, в которой получилось совмещение, замечается. Затем измеряют расстояние до нее по линии *5—6* и длину перпендикуляра.

Остальные перпендикуляры строят аналогично. После измерения внутренних углов полигона теодолитом и длин сторон полигона можно вычислить координаты его вершин и построить план *.

Контрольные вопросы

1. Какие бывают теодолиты? Назовите составные части теодолита.
2. Какие основные поверки теодолита и как их выполняют?
3. Как центрируют и приводят в горизонтальное положение теодолит?
4. Как определяется точность верньера теодолита?
5. Как производятся отсчеты по лимбу и по верньеру?
6. Как измеряют углы теодолитом?
7. Какая точность измерения углов?
8. Как ведется в поле журнал теодолитной съемки?
9. Что такое вешение линий и в каких случаях оно проводится?
10. Что такое компарирование лент?
11. Как измеряют линии на местности лентой?
12. По какой формуле вычисляют длину линии, если она была измерена неверной лентой?
13. Какие применяются способы для съемки ситуации (подробностей)?
14. Что такое коэффициент дальномера и как он определяется?
15. Как определяют расстояние по дальномеру?

Глава IX
РАЗБИВКА ПЛОДОВОГО САДА

§ 45. Разбивка сада значительной площади

На участке *ABCDEF* нужно разбить в натуре заданной площади кварталы *I II III IV* плодового сада (рис. 106).

---

* Порядок вычисления координат и составление плана см. в главе III «Обработка результатов теодолитной съемки».

Предварительно на плане крупного масштаба 1:5000, 1:2000 составляют проект расположения кварталов, основных дорог и межквартальных дорог. Затем проект переносят на местность. Точки *1* и *4* — крайние углы садовых кварталов, направление между ними определяет длинную сторону сада; поэтому эти точки следует вынести на местность в первую очередь. Для этого на плане измеряют отрезки, определяющие положение точек *1* и *4* от известных точек *A* и *F*, то есть *Ff* и *Aa*, а также величины перпендикуляров, опущенных из точек *1* и *4*, то есть *1 — f* и *4 — a*.

На местности от соответствующих точек *A* и *F* вдоль линии *AF* откладывают отрезки *Aa* и *Ff*, в точках *a* и *f* восстанавливают перпендикуляры размером *f—1* и *a—4*. В полученных точках *1* и *4* забивают колья. Расстояние на местности между точками *1* и *4* должно соответствовать этому же расстоянию на плане в заданном масштабе; расхождение не должно превышать $^1/_{1000}$ длины линии.

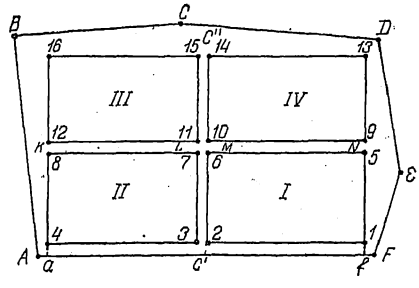


Рис. 106. Проект разбивки сада.

После этого откладывают и закрепляют кольями вдоль линии *1—4* отрезки *1—2* и *4—3*, определяющие длинные стороны *I* и *II* кварталов.

Дальнейшую разбивку ведут в следующем порядке. Над точкой *1* устанавливают (центрируют) теодолит, приводят лимб в горизонтальное положение и ориентируют; для этого при КП нуль первого верньера горизонтального круга совмещают с нулевым делением лимба. Закрепив алидаду, движением лимба зрительную трубу наводят на точку *4*, закрепляют лимб, выполняют тщательное наведение микрометренным винтом лимба, проверяют отсчет на точку *4* (он должен быть равен нулю); таким образом, лимб ориентирован по точке *4*. Отпускают алидаду и на первом верньере устанавливают отсчет 90°; зрительная труба укажет направление на угловую точку № 13 четвертого квартала.

Точно в указанном направлении ставят веху на рас-

стоянии несколько большем, чем от точки *1* до точки *13*. В створе поставленной вехи выставляют по теодолиту еще одну-две вехи.

В направлении на точку *13* откладывают короткие стороны *I* и *IV* кварталов и ширину дороги между ними, то есть расстояния *1—5, 5—9, 9—13*. В указанных точках забивают колья. Затем теодолит последовательно центрируют над точками *2, 3* и *4*; лимб ориентируют по точке *4* или *1*; на алидаде устанавливают отсчет 90°, и зрительная труба даст направления на точки *14, 15, 16*. Работу повторяют в той же последовательности, как на первой точке. Вершины кварталов *6, 10, 14*; *7, 11, 15*, а также *8, 12, 16* должны быть закреплены кольями.

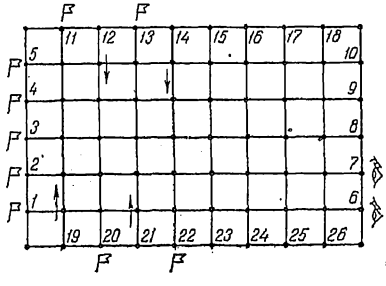


Рис. 107. Разбивка сада внутри квартала.

Для контроля измеряют расстояние между точками *16* и *13* дальних углов *III* и *IV* кварталов. Расхождение должно быть не больше 1 : 2000—1 : 1000 длины линии. При правильной разбивке вехи, выставленные по углам *5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12* кварталов *I* и *II*, а также *13, 14, 15, 16* кварталов *III* и *IV*, должны быть точно в створе. При длинных линиях или плохой видимости створ следует проверить по теодолиту.

По углам выделенных кварталов вкапывают столбы.

Для точного нанесения на план вершин садовых кварталов следует их снять способом перпендикуляров или полярным от известных точек *B, C, D, E*.

Для определения мест посадки деревьев участок разбивают на ряды. В зависимости от плодовой культуры и от географического местонахождения устанавливают расстояния между рядами и деревьями в ряду. Деревья на участке размещают в квадратном, прямоугольном или в шахматном порядке.

При разбивке сада внутри квартала (рис. 107) выделяют группу 3—4 человека (садовод и 3 помощника). Сначала они проходят вдоль коротких сторон квартала, отмеряют по ленте и расставляют колья *1, 2, 3, 4, 5* и *6*,

7, 8, 9, 10 соответственно принятой ширине междурядий. Затем проходят вдоль длинных сторон квартала и ставят колья *11, 12, 13, 14, 15..... 19, 20, 21, 22, 23....* на расстоянии, принятом для посадки между деревьями в ряду. Необходимо также приготовить три вехи. В створе первой вехи, выставленной в точке *11,* отмеряют по ленте от точки *19* расстояния междурядий и закрепляют их кольями. Выставляют вторую веху в точке *20* и также отмеряют расстояния междурядий, идя к ней с лентой от точки *12.*

Веху из точки *11* переносят в точку *13* и в створе этой вехи отмеряют расстояния от точки *21* и т. д.

Одновременно один из наблюдателей, находясь последовательно в точках *6, 7, 8, 9, 10,* следит за тем, чтобы колья, выставляемые в каждом ряду, были в створе третьей вехи, устанавливаемой в точках *1, 2, 3, 4, 5.*

§ 46. Разбивка сада небольшой площади

Эту работу можно несколько упростить (рис. 108). Как описано выше, устанавливают колья *1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8* вдоль коротких сторон и *11, 12, 13, 14..... 18, 19, 20, 21* вдоль длинных сторон квартала.

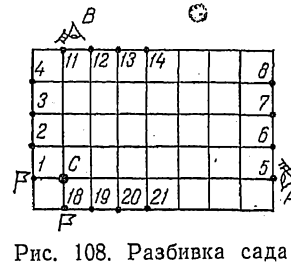


Рис. 108. Разбивка сада небольшой площади.

После этого два наблюдателя становятся так, чтобы один из них *(A)* был против первого ряда с короткой стороны, а другой *(B)* против первого междурядья с длинной стороны. Обычным визированием на вехи, поставленные с противоположной стороны, устанавливают третьего *(C)* наблюдателя, который выбирает место на пересечении поперечного и продольного рядов.

Глава X
ПРОДОЛЬНОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ

Продольным называется такое нивелирование, которое ведется вдоль узкой полосы земли по заранее намеченному направлению, например по оси проектируемой дороги, канала и т. п.

На основании продольного нивелирования вычисляют высоты пронивелированных точек и затем составляют продольный профиль трассы.

Задание на бригаду. Пронивелировать заданную трассу прямым и обратным ходом, а также несколько поперечников и по результатам составить продольный и поперечный профили.

Необходимые инструменты, принадлежности и материалы: нивелир со штативом, нивелирные рейки — 2 шт., стальная 20-метровая лента со шпильками, рулетка, гониометр или теодолит со штативом, вехи — 3 шт., брезентовая сумка для колышков, топор, деревянные колышки — 30 шт.

Данную работу рекомендуется выполнять в такой последовательности:

1) научиться делать отсчеты по рейкам и провести основные полевые поверки нивелира;

2) подготовить трассу для нивелирования;

3) провести нивелирование трассы;

4) обработать полевой журнал нивелирования и составить продольный профиль.

§ 47. Производство отсчетов по рейкам и поверки нивелиров

Геометрическое нивелирование проводится с помощью инструментов — нивелиров и реек с сантиметровыми делениями.

Для определения превышения между двумя точками чаще всего применяется способ «из середины», как наиболее точный. В этом случае устанавливают нивелир посредине между нивелируемыми точками, визирную ось зрительной трубы с помощью уровня и подъемных винтов приводят в горизонтальное положение (аналогично процессу приведения в горизонтальное положение плоскости лимба теодолита), наводят среднюю нить сетки на рейки, поставленные в этих точках, и делают по ним отсчеты a и b (рис. 109).

На рисунке видно, что превышение точки B над точкой A определяется по формуле $h = a - b$, где a — отсчет на заднюю рейку, b — отсчет на переднюю рейку.

При наведении сетки нитей на рейку открепляют зажимной винт и поворачивают трубу до тех пор, пока рейка не попадет в поле зрения трубы. После этого зак-

репляют зажимной винт и, действуя микрометренным винтом, наводят вертикальную нить сетки на рейку. Затем добиваются резкого отчетливого изображения рейки

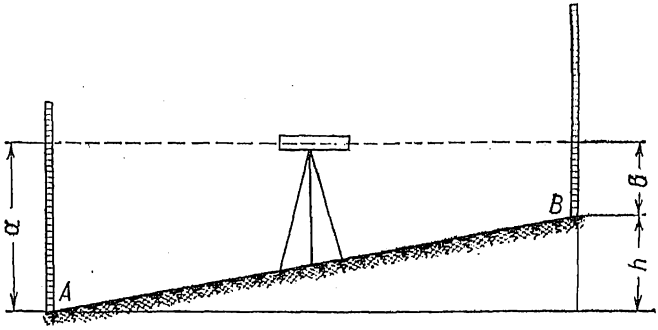


Рис. 109. Схема геометрического нивелирования по способу «из середины».

путем вращения кремальеры фокусирующей линзы и производят отсчет. Отсчетом по рейке называется расстояние по вертикали от точки земли, на которую поставлена эта рейка, до луча визирования. Так как рейку ставят на точку земли нулевым делением вниз, то это расстояние и равно отсчету по рейке, совпадающему с горизонтальной нитью сетки нитей.

Отсчеты по рейкам требуется выполнять с точностью до 1 мм, а так как самые маленькие деления на рейке нанесены в сантиметрах, то миллиметры приходится оценивать на глаз.

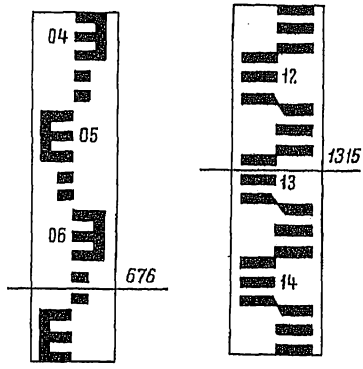


Рис. 110. Отсчеты по рейкам.

На рисунке 110 изображены различные отсчеты по рейкам, наблюдаемые в зрительную трубу.

Рейка во время отсчета по ней должна занимать отвесное положение.

Перед началом работы необходимо провести полевые поверки нивелира и исправить замеченные устранимые дефекты в инструменте.

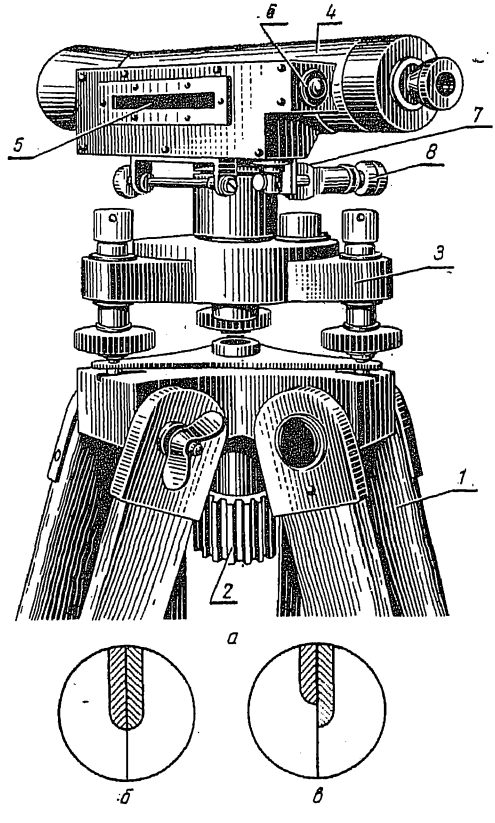


Рис. 111. Нивелир глухой (НГ):

1 — штатив; *2* — становой винт; *3* — трегер с подъемными винтами; *4* — зрительная труба; *5* — уровень; *6* — лупа; *7* — закрепительный винт; *8* — микрометренный винт.

Чтобы получить горизонтальный луч визирования, в каждом нивелире должно быть выполнено следующее условие: *визирная ось трубы и ось уровня должны быть параллельны между собой и перпендикулярны вертикальной оси вращения нивелира.* Чтобы убедиться в соблюдении этих основных условий, делают ряд поверок, виды которых зависят от типа нивелира.

Для технического нивелирования могут быть использованы нивелиры различных типов: нивелир НГ — глухой (рис. 111), нивелир НТ — технический (рис. 112),

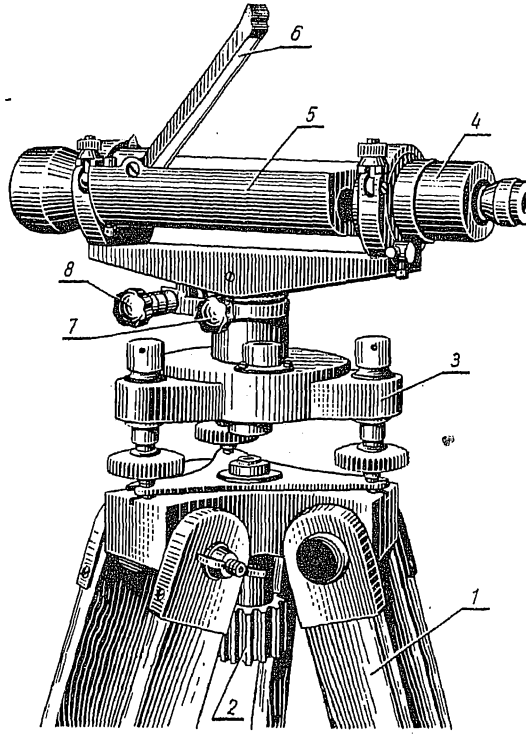


Рис. 112. Нивелир технический (НТ):
1 — штатив; *2* — становой винт; *3* — трегер с подъемными винтами; *4* — зрительная труба; *5* — коробка уровня; *6* — зеркало; *7* — закрепительный винт; *8* — микрометренный винт.

нивелир НВ-1 (рис. 113), а также нивелиры с самоустанавливающейся линией визирования.

Ниже дается описание и поверки нивелиров НГ, НТ и НВ-1.

У **нивелира НГ** зрительная труба наглухо скреплена с цилиндрическим контактным уровнем. Если ось уровня горизонтальна, то получается так называемый оптический контакт и наблюдатель видит в лупу концы пу-

зырька совмещенными (рис. 111, *б*). Если же ось уровня не горизонтальна, концы пузырька в лупе будут видны несовмещенными (рис. 111, *в*).

Уровень нивелира НГ имеет специальную камеру для регулирования длины пузырька, изменяющейся от колебания температуры. Для уменьшения длины пузырька уровня нивелир, снятый со штатива, слегка встря-

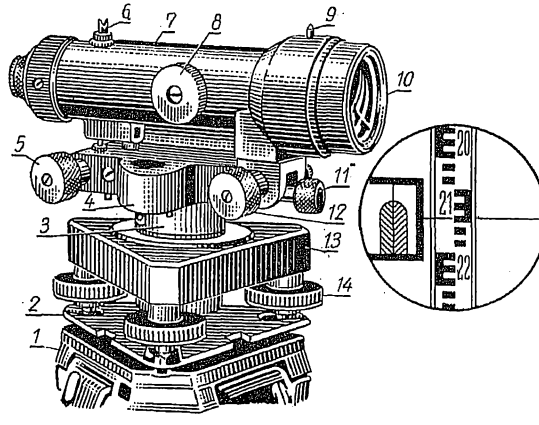


Рис. 113. Нивелир НВ-1:

1 — головка штатива; *2* — пружинящая пластинка; *3* — бакса для вертикальной оси; *4* — круглый уровень; *5* — элевационный винт уровня; *6* — целик; *7* — корпус контактного цилиндрического уровня; *8* — кремальера; *9* — мушка; *10* — объектив; *11* — закрепительный винт зрительной трубы; *12* — наводящий (микрометренный) винт трубы; *13* — трегер; *14* — подъемный винт.

хивают окуляром вниз, а для увеличения длины пузырька встряхивают объективом вниз.

Нивелир НТ имеет перекладную зрительную трубу; цилиндрический уровень прикреплен сбоку к зрительной трубе и помещен в коробку. Коробка уровня сверху имеет откидную крышку с зеркалом, в которое наблюдатель может следить за положением пузырька уровня.

Для предварительной наводки трубы на рейку служит мушка с целиком.

Нивелир НВ-1 — глухой с контактным уровнем; у этого нивелира изображение половинок обоих концов пузырька уровня передается при помощи призменной системы в поле зрения трубы и рассматривается одновре-

менно с изображением рейки, что ускоряет процесс наблюдения. Нивелир имеет элевационный винт, который позволяет наклонять зрительную трубу вместе с цилиндрическим уровнем в вертикальной плоскости.

Нивелир устанавливают в рабочее положение по круглому уровню, а перед взятием отсчета по рейке элевационным винтом совмещают концы половинок пузырька цилиндрического уровня.

Поверки нивелира НГ. 1. Ось уровня должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения инструмента.

Для проверки этого условия повертывают трубу так, чтобы цилиндрический уровень расположился по направлению двух подъемных винтов; вращая эти винты в противоположные стороны, устанавливают пузырек уровня на середину. Затем повертывают трубу с уровнем на 180° (чтобы окуляр занял место объектива). Если после поворота трубы на 180° пузырек уровня остался на середине, то условие выполнено, в противном случае надо исправительным винтом при уровне поднять или опустить один конец уровня настолько, чтобы пузырек уровня возвратился к середине на половину своего отклонения. На вторую половину отклонения пузырек доводят до середины с помощью тех подъемных винтов, по направлению которых стоит уровень, путем вращения их в противоположные стороны. Обычно полное исправление уровня сразу не удается, и эту поверку и исправление приходится делать несколько раз.

2. При горизонтальном положении оси уровня одна нить сетки нитей должна быть вертикальна, а другая горизонтальна.

Для поверки этого условия визирную ось зрительной трубы приводят в горизонтальное положение и зрительную трубу наводят на шнур отвеса, подвешенного в 10—20 м от инструмента; при этом вертикальная нить сетки нитей должна совпадать с отвесом. Затем в 20—30 м от инструмента ставят рейку, на которую наводят зрительную трубу. Если при медленном повороте трубы отсчет по рейке не меняется, то другая нить сетки горизонтальна. Если окажется, что одна нить сетки не вертикальна, а другая не горизонтальна, то нужно повернуть кольцо с сеткой нитей.

3. Визирная ось трубы должна быть параллельна оси уровня.

Если это условие не выполнено, то при горизонтальном положении оси уровня визирная ось трубы не будет горизонтальна и отсчеты по рейкам не будут верными.

Для поверки этого условия выбирают две точки A и B на расстоянии 50 м друг от друга, где забивают

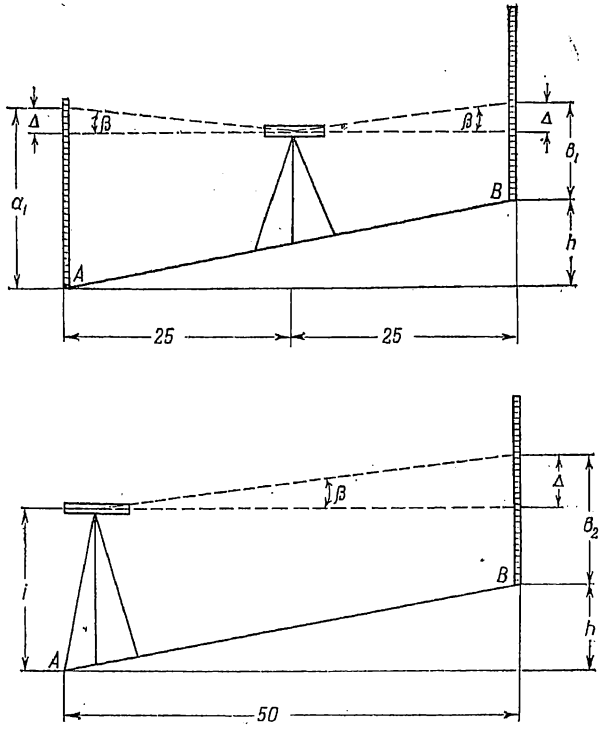


Рис. 114. Схема установки нивелира и реек при поверке нивелира.

для постановки реек небольшие колышки вровень с землей.

Вначале нивелир ставят точно посредине между этими точками и определяют правильное превышение как разность между отсчетами по рейкам $h=a-b$.

Из рисунка 114 видно, что если визирная ось зрительной трубы не параллельна оси уровня и составляет с ней некоторый угол β, то при одинаковых расстояниях от инструмента до реек ошибки Δ, вошедшие в отсчеты,

будут одинаковы, а превышение h между точками A и B равно:

$$h_1=(a_1-\Delta)-(b_1-\Delta)=a_1-b_1.$$

Следовательно, при нивелировании «из середины» ошибки, вошедшие в отсчеты, при вычислении превышения взаимно уничтожаются и превышение получается правильным даже при отсчетах, содержащих погрешности.

Определив правильное превышение между вышеуказанными точками A и B по способу «из середины», инструмент переносят в одну из нивелируемых точек, например в точку A, так, чтобы окуляр нивелира пришелся над нею, и определяют превышение между этими же точками по способу «вперед».

Если вычисленное превышение $h=i-b_2$ отличается от превышения h_2, которое было определено по способу «из середины», не более чем на 4 мм, то этим будет доказано, что отсчет по рейке b_1 соответствует горизонтальному лучу зрения и данное условие выполнено. В противном случае надо передвинуть сетку нитей. Для этого вычисляют значение отсчета b; затем, не сдвигая инструмента, с помощью зажимных винтов диафрагмы передвигают горизонтальную нить сетки так, чтобы получился верный отсчет на рейке b.

Из рисунка 114 видно, что правильный отсчет b по рейке будет равен:

$$b=i-h,$$

где b — правильный отсчет по рейке; i — высота нивелира; h — правильное превышение между точками A и B, определенное по способу «из середины».

Поверки нивелира НТ. Этот нивелир поверяют в следующем порядке.

1. Геометрическая ось трубы и ось уровня должны лежать в одной плоскости или в плоскостях, параллельных друг другу.

Подъемными винтами приводят пузырек уровня на середину и поворачивают трубу вокруг ее геометрической оси в подставках, называемых лагерами. Если пузырек уровня остается на середине или отходит от середины только в одну сторону, то условие выполнено, если же пузырек отходит от середины в разные стороны, то условие не выполнено.

Обычно соблюдение этого условия гарантируется заводом.

2. Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна образующей цапф трубы.

Цапфами трубы называются цилиндрические кольца, которыми труба ложится в подставки. Для проверки этого условия приводят пузырек уровня на середину, а затем перекладывают трубу в лагерах. Если пузырек уровня остался на середине, то условие выполнено, в противном случае перемещают пузырек к середине на половину его отклонения при помощи вертикальных исправительных винтов уровня.

3. Ось цилиндрического уровня должна быть перпендикулярна оси вращения инструмента.

Устанавливают уровень параллельно линии, проходящей через два подъемных винта, и, действуя этими подъемными винтами, приводят пузырек уровня на середину. Если после поворота трубы в горизонтальной плоскости на 180° пузырек уровня остался на середине, то условие выполнено. Обычно соблюдение этого условия обеспечивается заводом.

4. Визирная ось трубы должна совпадать с геометрической.

Приведя инструмент в горизонтальное положение, наводят трубу на неподвижную рейку и делают отсчет по средней нити. Затем поворачивают трубу вокруг ее геометрической оси в подставках на 180° и производят второй отсчет по этой же рейке. Если первый и второй отсчеты отличаются друг от друга не более чем на 2 мм, то условие считается выполненным. Если обнаружено, что данное условие не выполнено, то с помощью исправительных винтов сетки нитей передвигают ее так, чтобы по средней нити получился отсчет, равный среднему арифметическому из первого и второго отсчетов.

5. Горизонтальная нить сетки при горизонтальном положении инструмента должна быть горизонтальна.

Нивелир приводят в горизонтальное положение, наводят трубу на неподвижно стоящую рейку и делают по ней отсчет. Затем с помощью микрометренного винта вращают трубу в обе стороны, и если при этом нить стоит на том же отсчете, то условие выполнено. Если же нить сходит с замеченного по рейке отсчета, то положение сетки нитей исправляют поворотом винтов упора, к концам которых прижимается упор, расположенный у оку-

лярной части трубы. Затем перекладывают трубу в подставках и поворачивают вторые винты упора, расположенные на второй подставке, до установления средней нити сетки в горизонтальном положении.

Поверка нивелира НВ-1. 1. Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира.

Приводят нивелир в рабочее положение по выверенному цилиндрическому уровню. Если при этом пузырек круглого уровня окажется в центре внутренней окружности, то условие выполнено.

В противном случае открепляют закрепительные винты оправы и подкладывают под нее кусочки фольги так, чтобы пузырек круглого уровня переместился к центру на половину его отклонения.

2. Ось цилиндрического уровня и визирная ось зрительной трубы должны находиться в параллельных плоскостях.

Ось вращения нивелира приводят по круглому уровню в вертикальное положение; ставят зрительную трубу по направлению одного из подъемных винтов; в направлении зрительной трубы на расстоянии около 50 м от нивелира ставят рейку, совмещают элевационным винтом изображения половинок концов пузырька уровня и делают отсчет по рейке.

Вращая в противоположные стороны правый и левый подъемные винты, наклоняют ось вращения нивелира вправо и влево, сохраняя тот же отсчет по рейке.

Если при этом изображения концов пузырька останутся совмещенными или расходятся в одну и ту же сторону, то условие будет выполнено, в противном случае положение оси уровня исправляют его боковыми винтами.

3. Визирная ось зрительной трубы должна быть параллельна оси цилиндрического уровня.

Поверка этого условия выполняется двойным нивелированием одной и той же линии, как в нивелире НГ.

Если условие не выполнено, то непараллельность осей исправляют верхним и нижним исправительными винтами при уровне, так как сетка нитей в нивелире НВ-1 закреплена наглухо.

4. Одна из нитей сетки после приведения нивелира в горизонтальное положение должна быть вертикальна.

Поверка выполняется наведением зрительной трубы на нить отвеса. Выполнение этого условия обычно обеспечивается заводом.

§ 48. Подготовка трассы к нивелированию

При подготовке трассы к нивелированию намечают на местности углы поворота линии нивелирного хода и устанавливают на них вехи; в промежутках между углами поворотов ставят в створе ряд вех, хорошо видимых и обозначающих направление линии нивелирного хода на местности. Все углы поворота измеряют с помощью теодолита или гониометра. Окончательная подготовка к нивелированию намеченной трассы заключается в разбивке пикетажа по оси хода.

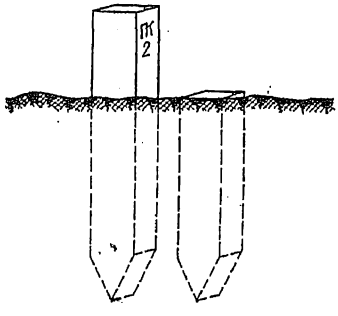


Рис. 115. Колышек и сторожок.

Начальной точке нивелирного хода дают наименование пикета нулевого (ПК 0). От него вдоль намеченной трассы отмеряют 20-метровой стальной лентой расстояния по 100 м, которые называются пикетными, а концы их — пикетными точками или пикетами.

Пикетные точки на местности закрепляют деревянными колышками, забитыми вровень с землей, и на них при нивелировании ставят рейки. Рядом с этими колышками забивают «сторожки», которые представляют собой выступающие из земли колышки (рис. 115).

Длина основных пикетных колышков 15—20 см, сторожков — 30 см.

В точки, являющиеся вершинами углов поворота нивелирного хода, также забивают колышки со сторожками, на которых пишут номер угла поворота, расстояние до него от ближайшего младшего пикета и надписывают «угол вправо» или «угол влево».

В промежутках между пикетами в характерных точках перегиба местности намечают закрепляемые колышками точки, которые называются плюсовыми (рис. 116).

Точка *A* имеет название ПК 0+40, так как она нахо-

дится от ПК 0 на расстоянии 40 м. Точка *В* находится на расстоянии 76 м от того же ПК 0, а точка *С* на расстоянии 68 м от ПК 1.

Кроме точек, расположенных вдоль оси нивелирного хода, на протяжении трассы для выяснения характера местности, прилегающей к оси нивелирования, разбивают и нивелируют ряд поперечников по линиям, перпендикулярным оси нивелирного хода.

Поперечники обязательно прокладывают на косогорах, а при сравнительно ровной местности — через каждые 50—100 м и более, в зависимости от цели продоль-

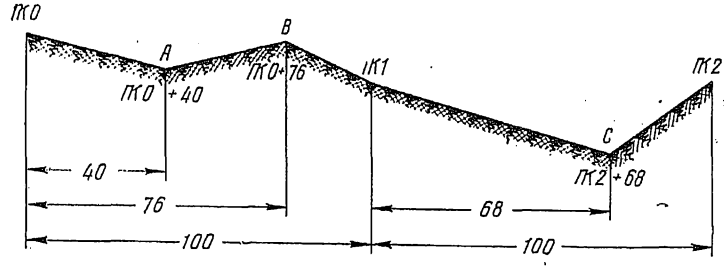


Рис. 116. Схема расположения пикетных и промежуточных точек.

ного нивелирования. Ширину поперечников принимают от 20 до 60 м (по 10—30 м в обе стороны от оси нивелирного хода). На поперечниках отмечают, а затем нивелируют точки в характерных местах перегиба рельефа местности.

На рисунке 117 показано расположение точек поперечника, взятого на ПК 4 в вертикальном разрезе (рис. 117, *а*), и расположение точек этого поперечника в плане (рис. 117, *б*).

Расстояние до точек поперечника измеряют вправо и влево от оси нивелирного хода. Например, точка Пр. 8 находится на расстоянии 8 м вправо от оси нивелирного хода, а точка Лев. 20 находится в 20 м от оси хода по левую его сторону.

Одновременно с разбивкой пикетажа ведут съемку ситуации местности по обе стороны от оси трассы на расстоянии 10—30 м в каждую сторону. Результаты съемки заносят в пикетажную книжку (рис. 118).

Пикетажная книжка — это тетрадь из миллиметровой бумаги, на которой ось трассы показана условно в виде прямой линии, проведенной посредине каждой страницы. На этой прямой откладывают все пикетные и плюсовые точки, точки поперечников и точки углов поворотов. Кроме того, отмечают дороги, овраги, речки и другие подробности местности и показывают располо-

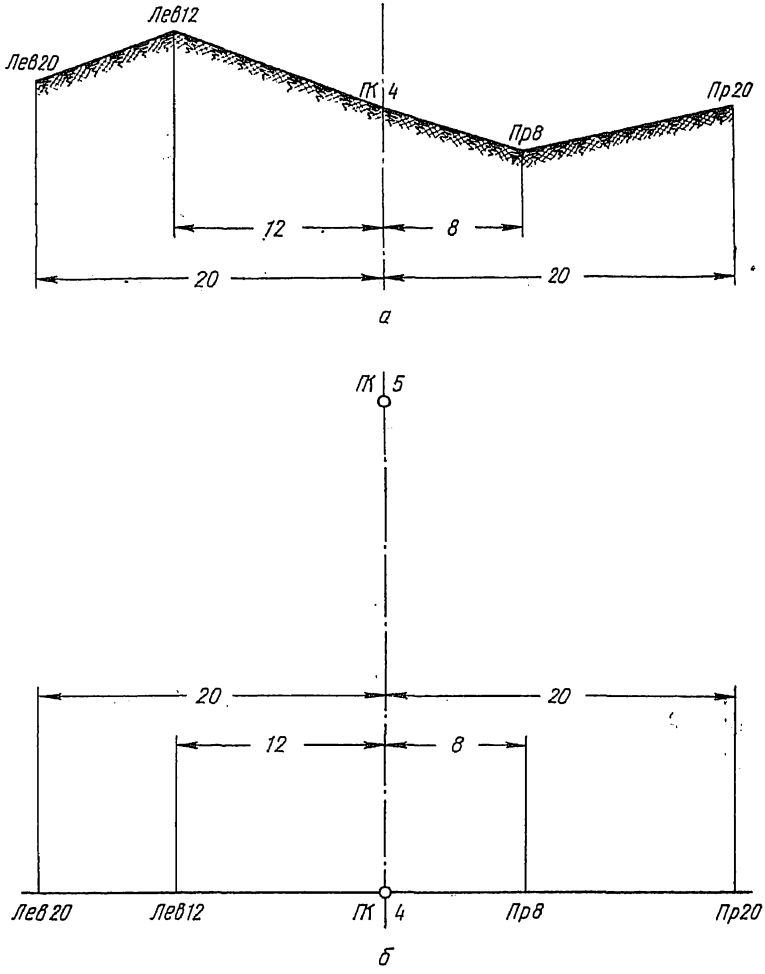


Рис. 117. Расположение точек поперечника:
а — в разрезе; *б* — в плане.

жение реперов и их привязки к местным предметам.

Каждая последующая страница пикетажной книжки начинается последним пикетом предшествующей страницы. Для зарисовки пикетажа в книжке выбирается довольно крупный масштаб (например, 1 : 2000).

§ 49. Нивелирование

После разбивки пикетажа и зарисовки всех данных в пикетажную книжку производится нивелирование, причем предварительно делают полевые поверки нивелира.

На рисунке 119 показано расположение реперов, пикетов, промежуточных точек и места установки нивелира.

Все пикетные точки и реперы являются связующими точками и нивелируются по способу «из середины» при двух горизонтах инструмента.

Вначале устанавливают нивелир посредине между начальным репером и ПК 0. Эта стоянка инструмента называется станцией 1.

Визирную ось зрительной трубы нивелира приводят в горизонтальное положение по цилиндрическому уровню,

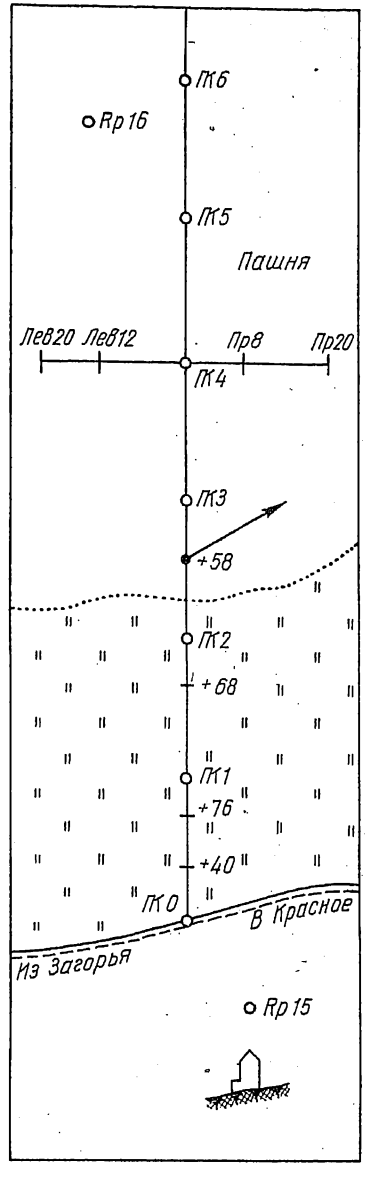


Рис. 118. Пикетажная книжка.

а на репер и на колышек, забитый вровень с землей в месте ПК 0, ставят рейки нулевым делением вниз. Трубу нивелира наводят на заднюю рейку (стоящую на репере) и производят отсчет по средней нити сетки, который записывают в журнал нивелирования против репера в графу «Задние отсчеты» (табл. 18). Затем трубу наводят на рейку, установленную на ПК 0, производят по ней отсчет и записывают его против ПК 0 в графу «Передние отсчеты». Чтобы иметь контроль правильности отсчетов, изменяют высоту инструмента, снова приво-

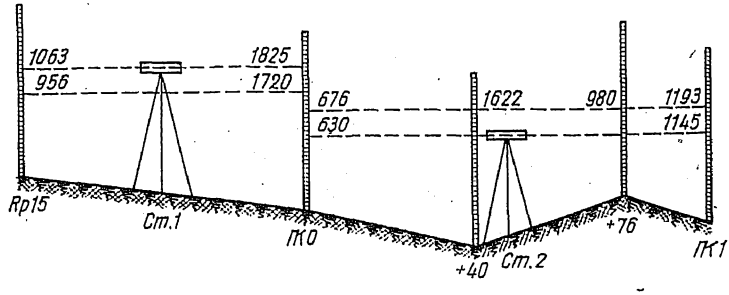


Рис. 119. Схема расположения пикетных и плюсовых точек и станций.

дят визирную ось в горизонтальное положение и снова берут отсчеты по рейкам на те же точки. Вновь полученные отсчеты записывают в журнал нивелирования под предыдущими отсчетами. Чтобы проверить правильность отсчетов, вычисляют разность между ними при первом и втором горизонтах отдельно на первую и на вторую точку. Если разность в отсчетах на заднюю и переднюю точки отличается не более чем на 4 мм, то отсчеты считаются правильными, нивелирование на станции 1 считается оконченным и нивелир переносят на станцию 2 посредине между ПК 0 и ПК 1. Заднюю рейку с репера переносят на колышек ПК 1. Теперь эта рейка будет называться передней, а рейка, оставшаяся на колышке ПК 0 для станции 2, будет называться задней. Визирную ось зрительной трубы нивелира приводят в горизонтальное положение и берут отсчеты по рейкам на ПК 0 и ПК 1. Затем изменяют высоту инструмента, визирную ось зрительной трубы приводят в горизонтальное положение и снова делают отсчеты на ПК 0 и ПК 1.

Убедившись в правильности отсчетов на пикеты, не меняя положения нивелира, приступают к нивелированию плюсовых точек, которые нивелируют с этой же станции, как промежуточные точки,— один раз при втором положении инструмента. Для этого рейку, стоящую на колышке ПК 0, переносят на точку +40, берут отсчет по ней и записывают его в графу «Промежуточные отсчеты» против точки +40. Затем эту же самую рейку переносят на точку +76, делают отсчет и записывают его в журнал в ту же графу против точки +76. После того как пронивелировали все плюсовые точки, расположенные между ПК 0 и ПК 1, нивелир переносят на станцию 3, и работа выполняется в том же порядке.

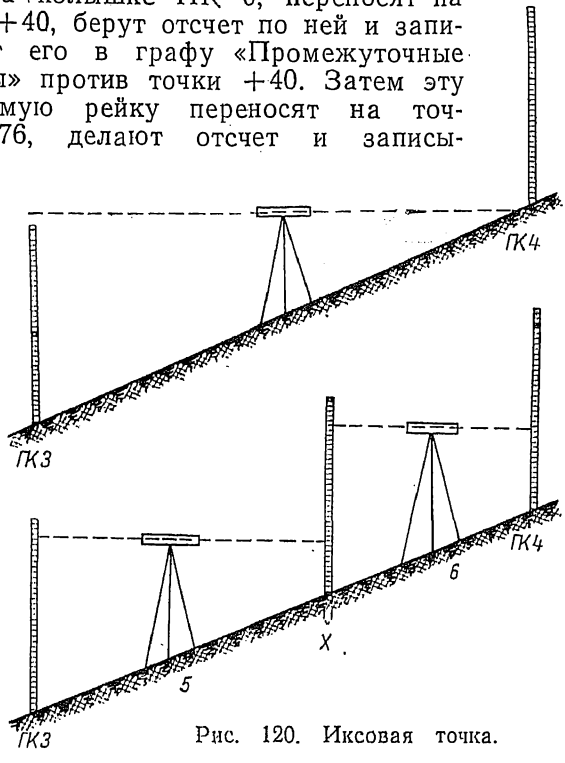


Рис. 120. Иксовая точка.

При определении превышения между смежными пикетными точками на крутых скатах иногда не удается сразу сделать отсчеты на заднюю и переднюю рейки с одной и той же станции, так как луч визирования в одном случае проходит выше рейки, а в другом ниже.

В этом случае приходится нивелировать по частям посредством иксовой точки. На рисунке 120 показана необходимость введения иксовой точки при нивелировании между ПК 3 и ПК 4. Нивелируют между этими пикетами с двух станций: сначала ПК 3 и *X* со станции 5 по способу «из середины» при двух положениях инструмента, а затем — между *X* и ПК 4 со станции 6.

При нивелировании иксовых точек все отсчеты по рейкам записывают в нивелирный журнал в том же порядке, как и при нивелировании пикетных точек.

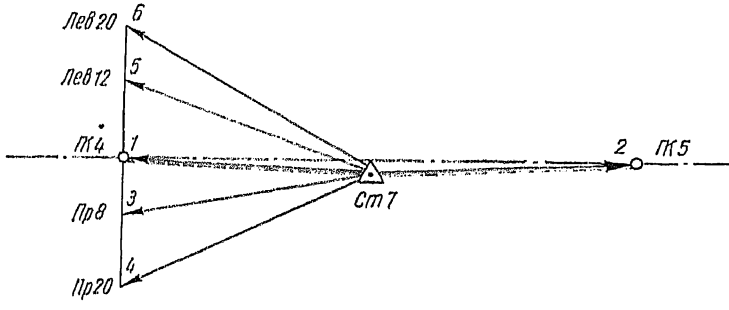


Рис. 121. Порядок нивелирования поперечника.

Иксовые точки нужны только для передачи отметки с одной пикетной точки на другую, на профиль их не наносят, поэтому расстояния от пикетных точек до иксовых не промеряют.

Точки поперечников нивелируют так же, как плюсовые, то есть один раз при втором горизонте инструмента с той же станции, с которой нивелировали ближайшие к данному поперечнику связующие точки (пикетные и иксовые).

На рисунке 121 показан порядок работы при нивелировании поперечника, разбитого на ПК 4. Направление лучей визирования при первом горизонте инструмента обозначено пунктирными стрелками, а при втором горизонте — сплошными. Вначале нивелируют ПК 4 и ПК 5 при двух горизонтах инструмента. После того как пронивелировали ПК 4 и ПК 5 при втором горизонте и убедились, что эта работа выполнена правильно, не сдвигая инструмента, приступают к нивелированию точек поперечника. Для этого переносят рейку с ПК 4 на точ-

ку, расположенную от оси поперечника вправо на 8 м, и делают отсчет, потом ставят рейку вправо от оси на 20 м, влево на 12 м и т. д.

Так как точки поперечников нивелируют так же, как промежуточные точки, то и отсчеты по рейкам на эти точки записывают в журнале в графу «Промежуточные отсчеты».

При нивелировании связующих точек превышения между ними вычисляют в полевой обстановке и записывают в журнал в графу «Превышения». Если разница между превышением, полученным при первом горизонте, и превышением, полученным при втором горизонте, не больше 5 мм, то нивелирование этих точек считается законченным и вычисляют среднее превышение, которое записывают в соответствующую графу нивелирного журнала.

Все отсчеты, взятые с одной и той же станции, должны быть записаны обязательно на одной странице нивелирного журнала.

По заполнении страницы журнала необходимо сделать постраничный контроль вычислений, результаты которого записывают в конце каждой страницы под соответствующими графами.

Этот контроль делают по следующему правилу: *сумма всех задних отсчетов минус сумма всех передних должна быть точно равна удвоенной алгебраической сумме всех средних превышений, записанных на этой же странице.*

Необходимо помнить, что постраничный контроль гарантирует только правильность вычислений, но не правильность взятых отсчетов. Правильность отсчетов на связующие точки проверяют двойным нивелированием одних и тех же точек при двух горизонтах инструмента.

После того как ход пронивелирован, для выяснения размера ошибки и точности проделанной работы его нивелируют в обратном направлении. При нивелировании обратного хода между ПК 3 и ПК 4 точка ПК 4 будет называться задней точкой, а ПК 3 передней, что и учитывается при ведении записи в журнале. При обратном ходе нивелируют только связующие точки, то есть пикетные и иксовые, и пропускают промежуточные точки и точки поперечников; в остальном порядок работы на станции при нивелировании обратного хода остается такой же, как и в прямом направлении.

После нивелирования обратного хода определяют невязку. Известно, что алгебраическая сумма всех превышений по замкнутому ходу теоретически должна быть равна нулю: $\Sigma h_{ср}=0$; однако практически вследствие накопления различного рода погрешностей это условие не выполняется и получается невязка. Так как прямой и обратный ходы вместе представляют собой частный случай замкнутого хода, то величину невязки определяют как алгебраическую сумму всех средних превышений по прямому и обратному ходам.

Допустимую предельную невязку вычисляют по формуле:

$$\Delta h_{доп} \leqslant 30 \text{ мм} \sqrt{L},$$

где L — длина хода (в км) в одном направлении.

Если полученная невязка меньше допустимой, то половину этой невязки распределяют по возможности равными долями между всеми превышениями прямого хода с обратным знаком, причем удвоенная сумма всех поправок должна быть равна всей невязке.

На этом полевые работы по продольному нивелированию считают законченными и приступают к их камеральной обработке, то есть по журналу вычисляют отметки всех пронивелированных точек и затем строят продольный профиль линии хода.

Порядок обработки нивелирного журнала и построения продольного профиля описаны в настоящем пособии в первом разделе.

Контрольные вопросы

1. Какие вы знаете способы геометрического нивелирования, в чем они заключаются и каковы преимущества способа «из середины»?
2. Какое главное условие должно быть выполнено в нивелирах?
3. Как поверяется нивелир типа НГ?
4. Как поверяется нивелир типа НТ?
5. Как поверяется нивелир НВ-1?
6. Как разбивается пикетаж и как ведется пикетажная книжка при продольном нивелировании?
7. Как нивелируются пикетные, иксовые и плюсовые точки?
8. В чем заключается сущность постраничного контроля нивелирного журнала?
9. Что такое поперечники и как они нивелируются?

Таблица 18

Журнал продольного нивелирования

№ станций	№ пикетов, реперов и промежуточных точек	Отсчеты по рейкам			Превышение				Горизонт инструмента	Абсолютная отметка, в м
		задние	передние	промежуточные	+	—	+	—		
1	Rр 15	1063								
		956						763		
	ПК 0		1825			762				
			1720			764				
		630								
	ПК 0	676								
2	+40			1622		515				
	+76			980				516		
	ПК 1		1145							
			1193			517				
		1120								
	ПК 1	985								
3	+68			2973		345				
	ПК 2		1465					345		
			1330			345				
		729								
	ПК 2	800				2133				
4			2862					2131		
	ПК 3		2929			2129				
		3903			2788		2786			
	ПК 3	3560			2784					
			1115							
5	Х		776							
		2996								
	Х	2715			2646		2647			
			350							
6	ПК 4		67		2648					
	ПК 4	1480								
		1598								
	Пр. 8			2113						
7	Пр. 20			1508	110		109			
	Лев. 12			548	108					
	Лев. 20			1321						
	ПК 5		1370							
			1490							
		23 211	19 637		11 084	7510	5542	3 755		
		23 211			11 084			5 542		
Контроль		—			—			—		
		19 637			7 510			3 755		
		+3 574			+3 574			+1 787		

Глава XI
НИВЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ

Поверхность земли в сельскохозяйственной практике нивелируют для точного выявления рельефа участка, например при осушительных, оросительных и других мелиоративных работах.

Поверхность нивелируют различными способами в зависимости от характера и размеров участка. При сравнительно ровной местности применяется нивелирование по квадратам.

Задание на бригаду. Пронивелировать по квадратам участок площадью 0,5—1,0 га и по результатам нивелирования составить план с горизонталями. Необходимые инструменты, принадлежности и материалы: нивелир со штативом, нивелирные рейки — 2 шт., стальная 20-метровая лента со шпильками, теодолит со штативом или экер, вехи — 3 шт., брезентовая сумка для колышков, деревянные колышки — 30—50 шт., в зависимости от размеров участка, топор.

Выполнение задания. Полевые работы нивелирования поверхности по квадратам проводят в такой последовательности:

1) на местности, подлежащей нивелированию, разбивают и закрепляют сетку квадратов;

2) геометрическим нивелированием определяют отметки вершин квадратов.

Перед разбивкой необходимо осмотреть местность и, в зависимости от рельефа, цели работы, принятого масштаба плана и сечения горизонталей, наметить размер стороны квадратов. Размер квадратов стараются выбрать с учетом того, чтобы поверхность земли в пределах каждого квадрата можно было принять за плоскость.

§ 50. Разбивка сетки квадратов

На участке с помощью теодолита и стальной 20-метровой ленты строят прямоугольник *ABCD* со сторонами, кратными принятой стороне квадрата, например 20 м (рис. 122).

Для этого вдоль одной из границ участка выбирают линию *AB*. В точке *A* устанавливают теодолит, приводят его в рабочее положение. Совмещают 0° верньера

l с 0° лимба и визируют с помощью винтов лимба на веху, поставленную в точке B. Затем с помощью винтов алидады совмещают 0° верньера 1 с отсчетом на лимбе 90° (или 270°) и устанавливают веху в направлении на точку D так, чтобы низ ее попал в крест сетки нитей.

По направлению AB и AD откладывают мерной лентой отрезки l, равные выбранной стороне квадрата (например, 20 м), концы которых закрепляют колышками,

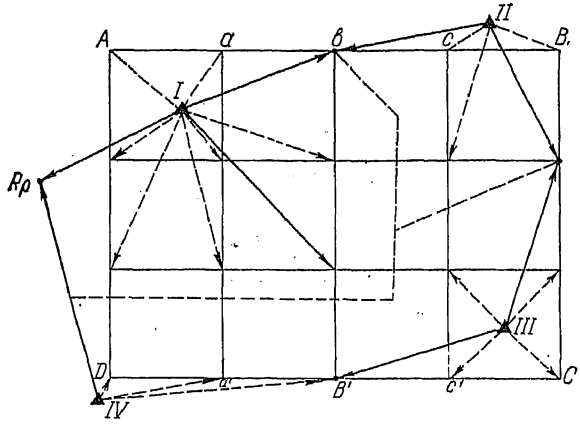


Рис. 122. Схема разбивки сетки и нивелирования поверхности по квадратам.

на колышках пишут название точек. Затем устанавливают теодолит в точке B, строят прямой угол ABC и откладывают отрезки l по направлению BC.

Для контроля измеряют угол BCD, который должен отличаться от 90° не более чем на $1{,}5\ t\sqrt{4} = \pm 3t$, где t — точность верньера теодолита.

На стороне CD также откладывают отрезки l, при этом сторона CD должна отличаться от стороны AB не более чем 1 : 2000 от периметра прямоугольника $ABCD$. Затем вешат стороны aa', bb' и т. д. и на них также откладывают отрезки l, закрепляя полученные точки колышками.

Если участок небольшой, то прямые углы при разбивке сетки можно строить экером.

§ 51. Нивелирование вершин квадратов

Нивелирование с одной станции. Если площадь участка невелика и рельеф пологий, то все вершины квадратов можно пронивелировать с одной станции. Для этого устанавливают нивелир приблизительно в середине участка, по уровню приводят визирную ось зрительной трубы в горизонтальное положение и берут отсчеты по рейкам, последовательно устанавливаемым на всех вершинах квадратов сетки. При этом рейку ставят на землю около колышка, которым закреплена данная вершина.

Полученные отсчеты записывают в полевой журнал, представляющий собой схему сетки квадратов, около соответствующей вершины.

Отметки всех пронивелированных точек в этом случае вычисляют через горизонт инструмента.

Нивелирование с нескольких станций. Если рельеф и размеры участка не позволяют выполнить нивелирование с одной станции, то намечают несколько станций, с которых можно пронивелировать все вершины. Отметки горизонта инструмента с одной станции на другую передают посредством связующих точек. В качестве связующих точек выбирают те вершины квадратов, которые можно пронивелировать с двух соседних станций. Те вершины квадратов, которые будут являться связующими точками, закрепляют двумя колышками: в вершине квадрата забивают вровень с землей колышек, на который во время нивелирования устанавливают рейку, и рядом с ним забивают сторожок, на котором подписывают данную точку. Связующие точки нивелируют способом «из середины» два раза при двух горизонтах инструмента, а все остальные вершины, которые нивелируются с данной станции, — один раз при втором горизонте инструмента.

На рисунке 122 показана схема нивелирования участка с четырех станций. Порядок работы на станции следующий.

1. Устанавливают нивелир посредине между двумя соседними связующими точками, приводят визирную ось зрительной трубы в горизонтальное положение и берут отсчеты по рейкам на заднюю и переднюю связующую точки. Затем изменяют высоту инструмента, снова приводят визирную ось зрительной трубы в горизон-

тальное положение и берут вторично отсчеты по рейкам на эти точки.

2. Проверяют правильность взятия отсчетов по рейкам на связующие точки. Для этого вычисляют превышение между связующими точками при первом и втором горизонте инструмента по обычному правилу нивелирования «из середины» $h=a-b$, где h — превышение; a и b — отсчеты по рейкам на заднюю и переднюю точки.

Превышения между связующими точками, определенные из первого и второго горизонта, не должны отличаться одно от другого более чем на 5 мм.

3. Удостоверившись в правильности нивелирования связующих точек, с этой же станции, не меняя высоты инструмента, нивелируют все остальные вершины квадратов, которые можно взять с данной станции; эти точки нивелируют как промежуточные, то есть один раз при втором горизонте инструмента. После этого переходят на следующую станцию.

Все отсчеты по рейкам заносят в полевой журнал.

Закончив полевые работы, приступают к камеральной обработке полевых материалов, то есть вычисляют отметки всех пронивелированных вершин квадратов и вычерчивают план с горизонталями *.

Контрольные вопросы

1. Как производится разбивка сетки квадратов при нивелировании поверхности?
2. Как контролируется правильность разбивки сетки?
3. Как нивелируют небольшой участок по сетке квадратов с одной станции?
4. Как выбирают и закрепляют связующие точки при нивелировании участка с нескольких станций?
5. Как проверить правильность взятия отсчетов по рейкам на связующие точки?
6. Как нивелируют все остальные вершины квадратов?

Глава XII
МЕНЗУЛЬНАЯ СЪЕМКА

Мензульная съемка отличается от других видов съемки тем, что план снимаемого участка составляется в процессе работы прямо в поле. Мензульная съемка

* Порядок составления нивелирного плана с горизонталями изложен в главе V первого раздела.

является совместной съемкой: горизонтальной и вертикальной, то есть, кроме планового расположения всех точек, контуров и отдельных предметов снимаемого участка, наносят на план и рельеф этого участка в горизонталях.

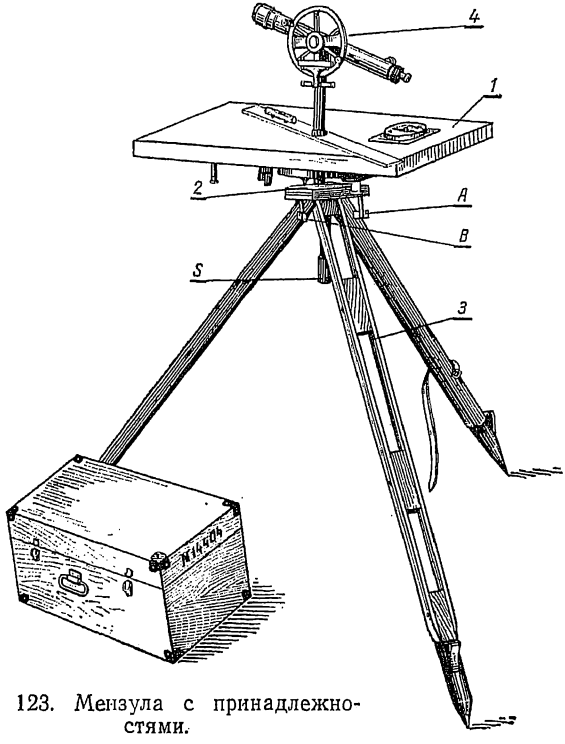


Рис. 123. Мензула с принадлежностями.

В отдельных случаях практики может выполняться только горизонтальная мензульная съемка, без нанесения рельефа. Мензула (рис. 123) состоит из следующих основных частей: горизонтальной доски *1* (чертежная доска размером 60×60 см с наклеенной на ней плотной бумагой); металлической или деревянной подставки *2*, к которой прикрепляется доска; штатива *3*, скрепленного с подставкой становым винтом *S*.

Доска приводится в горизонтальное положение тремя подъемными винтами *A*, *B*, и *C* (винт *C* с противоположной стороны).

Столик поворачивается в горизонтальной плоскости, имеет закрепительный и микрометренный винты (у деревянной мензулы становой винт является также зажимным).

Для визирования на отдельные точки местности служит кипрегель *4*.

Кипрегелем на столике с наклеенной бумагой строят углы и линии, то есть составляют план снимаемого участка. Зрительная труба кипрегеля скреплена с вертикальным кругом, который служит для определения углов наклона линий местности.

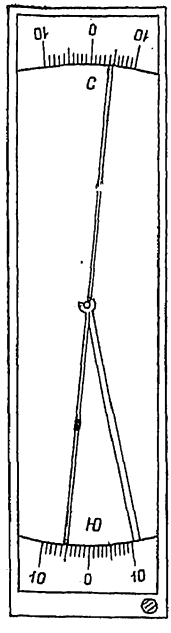


Рис. 124. Ориентир-буссоль.

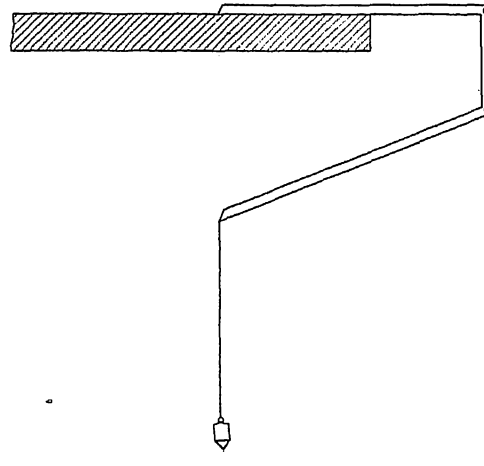


Рис. 125. Мензульная вилка.

Зрительная труба с вертикальным кругом вращается на горизонтальной оси, укрепленной на вертикальной колонке, которая наглухо прикрепляется к горизонтальной линейке — алидаде, причем таким образом, чтобы скошенный край линейки находился в одной вертикальной плоскости с направлением визирной оси зрительной трубы. Благодаря такому устройству при направлении зрительной трубы на предмет скошенный край линейки также будет расположен в направлении на этот предмет, и линия, прочерченная карандашом вдоль скошен-

ного края, даст направление на плане от точки, на которой стоит мензула, на соответствующий предмет на местности.

Для приведения поверхности доски-планшета в горизонтальное положение служит уровень на линейке кипрегеля; для ориентирования плана относительно стран света — ориентир-буссоль (рис. 124); для центрирования точки на планшете над соответствующей точкой местности — вилка (рис. 125).

Все указанные инструменты и принадлежности должны удовлетворять определенным требованиям, а поэтому перед началом работы их проверяют.

§ 52. Поверки мензулы

1. Мензула должна быть устойчивой.

После того как мензула установлена, закрепляют все винты подставки и штатива. Кипрегель ставят на планшет, наводят вертикальную нить сетки нитей на какую-либо удаленную точку. Затем легким нажимом руки сбоку на один из углов доски выводят ее из установленного положения; после отстранения руки доска должна занять прежнее положение, а вертикальная нить направлена на замеченную точку.

В противном случае инструмент должен быть исправлен.

2. Верхняя поверхность доски должна быть плоской.

Это проверяется прикладыванием к доске ребра линейки; просветов не должно быть.

3. Верхняя плоскость доски должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения мензулы.

Выверенным уровнем приводят планшет в горизонтальное положение, для чего обычно используют уровень, расположенный на линейке кипрегеля. Порядок приведения плоскости в горизонтальное положение такой же, как у теодолита и нивелира, то есть ставят уровень на планшет по направлению двух любых подъемных винтов мензулы и, вращая эти винты в противоположные стороны, приводят пузырек уровня на середину трубки; затем переставляют уровень по направлению третьего подъемного винта перпендикулярно первому положению и, действуя только третьим винтом, приводят пузырек уровня на середину. После этого, вращая планшет вокруг вертикальной оси, следят за пузырьком

уровня, который не должен уходить с середины трубки больше чем на одно деление. Если пузырек уровня отходит, мензулу нужно исправить в мастерской.

§ 53. Поверки кипрегеля

1. Нижняя поверхность линейки кипрегеля должна быть плоскостью, а скошенный край ее — прямой линией.

Это условие поверяется так же, как поверяется любая чертежная линейка.

2. Ось цилиндрического уровня на линейке кипрегеля должна быть параллельна нижней плоскости линейки.

Устанавливают кипрегель на планшете так, чтобы линейка была расположена по направлению двух каких-либо подъемных винтов; по скошенному краю линейки проводят карандашом линию и, действуя этими же подъемными винтами, приводят пузырек уровня на середину трубки. Затем поворачивают кипрегель на 180° и прикладывают скошенный край линейки к прочерченной линии с другой стороны; пузырек уровня должен оставаться на середине трубки. В противном случае исправительным винтом уровня пузырек нужно переместить к середине трубки на половину его отклонения. Поверка повторяется.

3. Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси вращения трубы. Отклонение ее от перпендикулярного положения называется коллимационной ошибкой.

Эту поверку выполняют наведением центра сетки нитей зрительной трубы кипрегеля на удаленную точку, расположенную примерно на такой же высоте, как и кипрегель; по скошенному краю линейки прочерчивают тонкую линию и отемечают точку на ней. Переводят трубу через зенит и снова наводят крест нитей на прежнюю точку, одновременно прикладывая линейку кипрегеля к уже отмеченной точке на доске; затем опять прочерчивают линию по скошенному краю линейки. Если коллимационной ошибки нет, то прочерченные линии должны совпасть, в противном случае между этими линиями нужно провести биссектрису, приложить к ней линейку кипрегеля, и так как при этом положении вертикальная нить сойдет с намеченной точки, то необходимо сместить сетку нитей, осторожно действуя ее гори-

зонтальными и вертикальными винтами так, чтобы центр сетки нитей опять покрывал ту же точку. Поверку и исправление необходимо повторить.

4. Ось вращения трубы должна быть параллельна нижней плоскости линейки кипрегеля.

Ставят мензулу вблизи высокого здания, приводят планшет в горизонтальное положение. Центр нитей трубы кипрегеля наводят на высокую точку на этой стене, затем трубу медленно опускают до горизонтального положения и замечают проекцию центра нитей на стене здания или отсчет на горизонтально расположенной рейке. После этого трубу переводят через зенит, кипрегель переставляют на 180°, центр нитей опять наводят на верхнюю точку, а затем снова опускают до горизонтального положения, замечая проекцию центра нитей на стене или отсчет на горизонтальной рейке. Если данное условие соблюдено, то проекции центра нитей внизу, при двух положениях трубы кипрегеля, должны совпасть. В противном случае расстояние между двумя полученными точками делится пополам и на среднюю точку должен проектироваться центр нитей. Для этого колонку кипрегеля наклоняют в ту или другую сторону, подкладывая под один из ее боков листки бумаги.

5. Вертикальная нить сетки трубы кипрегеля должна располагаться в коллимационной плоскости трубы.

Поверка производится так. При горизонтальном положении планшета наводят центр нитей трубы кипрегеля на отчетливо видимую точку, а затем, медленно поднимая и опуская трубу, следят, не сходит ли вертикальная нить с наблюдаемой точки. Если не сходит, то, значит, требуемое условие выполнено; если же вертикальная нить сходит с точки, то нужно повернуть кольцо с сеткой нитей, освободив предварительно винты сетки.

6. Визирная плоскость зрительной трубы должна проходить через скошенный край линейки или быть ему параллельной.

Наводят центр нитей трубы на точку местности, а вдоль скошенного края линейки (в начале и в конце) втыкают в доску две тонкие иглы; затем смотрят через створ иголок, который также должен давать направление на выбранную точку. Влияние ошибки, оказываемой при несоблюдении этого условия, не имеет значения для построения углов на планшете, но из-за нее все линии

на планшете будут повернуты на один и тот же угол по отношению к этим же линиям на местности.

7. При горизонтальном положении визирной оси трубы и расположении пузырька уровня алидады вертикального круга на середине отсчет по вертикальному кругу должен быть равен нулю, то есть место нуля (М0) должно равняться нулю.

Это условие поверяется наведением центра сетки нитей на какую-нибудь точку местности при круге влево (КЛ) и при круге вправо (КП); причем каждый раз пузырек уровня алидады вертикального круга должен быть приведен на середину трубки винтом при уровне. Записывают отсчеты по двум верньерам вертикального круга для КЛ и КП.

По формуле определяют место нуля (М0):

$$М0=\frac{КП+КЛ+360^\circ}{2}.$$

В том случае, если М0 превышает 3′, необходимо его исправить, так как с большим местом нуля работать неудобно; для этого определяют из полученных отсчетов угол наклона:

$$\alpha=\frac{КП-КЛ+360^\circ}{2}.$$

Затем наводят зрительную трубу на прежнюю точку при круге вправо и винтом уровня устанавливают на вертикальном круге отсчет, равный вычисленному углу наклона на эту точку; в этом случае пузырек уровня алидады вертикального круга сойдет с середины трубки; тогда, действуя исправительными винтами уровня, пузырек необходимо поставить на середину трубки. Поверка и исправление должны быть повторены.

8. Ввиду того, что при мензульной съемке во время съемки подробностей и рельефа расстояния определяются не лентой, а по дальномеру, необходимо знать коэффициент K дальномера и его постоянные f и δ.

Известно, что расстояние D от инструмента до рейки, определяемое по дальномеру, равно D_1-c (рис. 126), где

$$c=f+\delta \text{ и } D_1=Kn.$$

В трубах с внешней фокусировкой величину f (фокусное расстояние) определяют фокусировкой трубы на

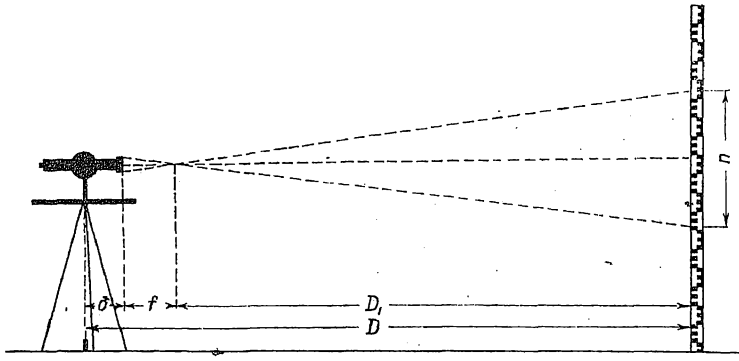


Рис. 126. Определение расстояния по дальномеру.

удаленный предмет, а затем рулеткой измеряют расстояние от объектива до сетки нитей; δ получают измерением рулеткой расстояния от объектива до оси вращения инструмента; сложив обе величины, получают *c*.

Для труб с внутренней фокусировкой величина *c* практически равна нулю.

§ 54. Производство мензульной съемки

Мензульная съемка подразделяется на горизонтальную (съемка контуров) и вертикальную (съемка рельефа), причем они могут быть выполнены отдельно и обе вместе. В обоих случаях съемке всегда предшествует развитие обоснования, которое заключается в точном определении положения на местности отдельных точек в горизонтальном и вертикальном отношении. Эти точки называются точками съемочного обоснования, в дальнейшем они послужат исходными пунктами, относительно которых и будет проводиться съемка всей намеченной территории.

Точки съемочного обоснования могут быть получены или аналитическим методом, или графическим.

При аналитическом методе от имеющихся на местности пунктов триангуляции или полигонометрии прокладывают теодолитные ходы с таким числом точек, чтобы с них можно было подробно снять местность.

Точки теодолитного хода по вычисленным для них координатам наносят на планшет мензульной съемки.

При графическом методе от имеющихся на планшете двух, трех точек развивают геометрическую сеть в виде сети треугольников, равномерно расположенных на снимаемом участке. Вершины треугольников являются опорными пунктами, с которых должна проводиться съемка; их тщательно закрепляют на местности, а затем получают на мензульном планшете положение этих точек графически.

При съемке небольшого участка земли создают самостоятельную опору из пунктов геометрической сети, для построения которой в этом случае будет служить базис, представляющий прямую или ломаную линию, закрепленную на местности и тщательно измеренную стальной лентой.

Желательно, чтобы базис располагался примерно посредине участка и имел такую длину, которая на планшете в масштабе плана выразится величиной 7—10 см. Базис должен располагаться на сравнительно ровной и открытой местности так, чтобы с концов его видно было большое количество точек геометрической сети. Число точек геометрической сети должно быть достаточным для съемки ситуации и рельефа на данном участке.

Когда точки обоснования (базис и геометрическая сеть) на местности будут равномерно распределены и закреплены кольями и вехами, эти точки наносят на планшет.

В нашем случае съемка ведется от базиса, который на планшете еще не нанесен.

Работа на первой точке базиса. На одной из точек базиса устанавливают инструмент на такой высоте, чтобы было удобно чертить на планшете. Установка мензулы над каждой точкой состоит из центрирования точки на планшете над соответствующей точкой местности, нивелирования планшета, или приведения его в горизонтальное положение, и ориентирования планшета относительно стран света. Вначале мензулу надо устанавливать над точкой приблизительно, грубо пронивелировать планшет и ориентировать его по буссоли. Затем, прикидывая на глаз, как располагается снимаемый участок и как ориентирован планшет, наметить первую точку базиса на планшете с таким расчетом, чтобы снимаемый участок удобно расположился на планшете; точку накалывают и подписывают № 1.

После этого необходимо:

1) тщательно отцентрировать первую точку базиса на планшете над соответствующей точкой местности.

Точность центрирования зависит от масштаба съемки. Принято, чтобы ошибка центрирования z не превышала половины точности масштаба съемки.

Например:

при масштабе 1:25 000	$z = 1{,}25$ м	при масштабе 1:2000	$z = 0{,}1$ м
» » 1:10 000	$z = 0{,}5$ »	» » 1:1000	$z = 0{,}05$ м
» » 1: 5 000	$z = 0{,}25$ »	» »	

При съемке в масштабе 1 : 5000 и мельче центрировать можно на глаз, а при масштабе крупнее 1 : 5000 — при помощи вилки. Для этого конец горизонтальной планки вилки прикладывают к точке на планшете, а отвес располагают над точкой местности.

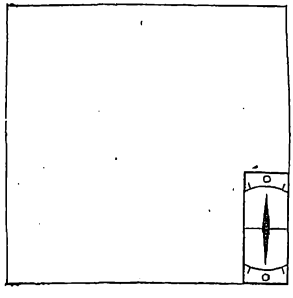


Рис. 127. Ориентирование мензулы по буссоли.

Необходимо тщательнее центрировать в том случае, когда планшет ориентирован по короткой стороне;

2) привести планшет в горизонтальное положение по уровню на линейке кипрегеля. Для этого линейку кипрегеля ставят по направлению двух подъемных винтов подставки, действием которых пузырек уровня приводят на середину трубки, затем линейку переставляют по направлению третьего подъемного винта перпендикулярно первоначальному положению и, действуя только третьим винтом, пузырек уровня опять приводят на середину трубки.

Эту установку необходимо повторить 2—3 раза;

3) планшет ориентировать по буссоли относительно стран света. Буссоль с открепленным арретиром магнитной стрелки кладут на планшет так, чтобы край буссольной коробки, параллельный нулевому диаметру буссольного кольца, расположился также параллельно одному из краев планшета (рис. 127); затем открепляют закрепительный винт мензулы и весь столик (планшет) поворачивают до тех пор, пока магнитная стрелка буссоли не совместится с нулевым диаметром буссольного кольца. После этого мензулу закрепляют и более точное

совмещение стрелки с нулевым диаметром выполняют микрометренным винтом мензулы.

Для нанесения на планшет второй точки базиса поступают так: при круге влево скошенный край линейки кипрегеля прикладывают к первой точке базиса, наколотой на планшете. Одновременно с этим зрительную трубу поворотом левой руки за колонку кипрегеля наводят на веху, выставленную во второй точке базиса, следя, чтобы край линейки не сошел с первой точки. Наводить необходимо очень аккуратно: скошенный край линейки должен проходить через первую точку базиса, а вертикальная нить сетки нитей точно наведена на веху во второй точке базиса. После этого по скошенному краю линейки проводят тонко очиненным карандашом линию длиной примерно 30 см, которая дает положение базиса на планшете.

Базис, измеренный стальной лентой, в заданном масштабе наносят по прочерченному направлению на планшет от первой точки. Таким образом на планшет будет нанесена вторая точка базиса. Затем наносят на планшет точки геометрической сети, положение которых определяют способом засечек с двух точек базиса и, для контроля, — с какой-либо третьей, обычно с одной из точек геометрической сети, полученной наиболее точно, то есть пересечением направлений под углом примерно 90° (необходимо, чтобы не было очень острых углов — менее 30° и очень тупых — более 150°).

Порядок определения на планшете точек геометрической сети состоит в следующем: по скошенному краю линейки кипрегеля от первой точки базиса проводят направления на все видимые точки геометрической сети при визировании на них центра нитей зрительной трубы. Линии проводить лучше более длинными или давать их продолжение за рамкой планшета.

Около каждого прочерченного направления делают запись, с какой точки на какую это направление проведено (рис. 128).

Превышения между точками геометрической сети определяют методом тригонометрического нивелирования по формуле:

$$h = d \operatorname{tg} \alpha + i - l,$$

где d — горизонтальное проложение; α — угол наклона; i — высота инструмента, отсчитываемая от оси враще-

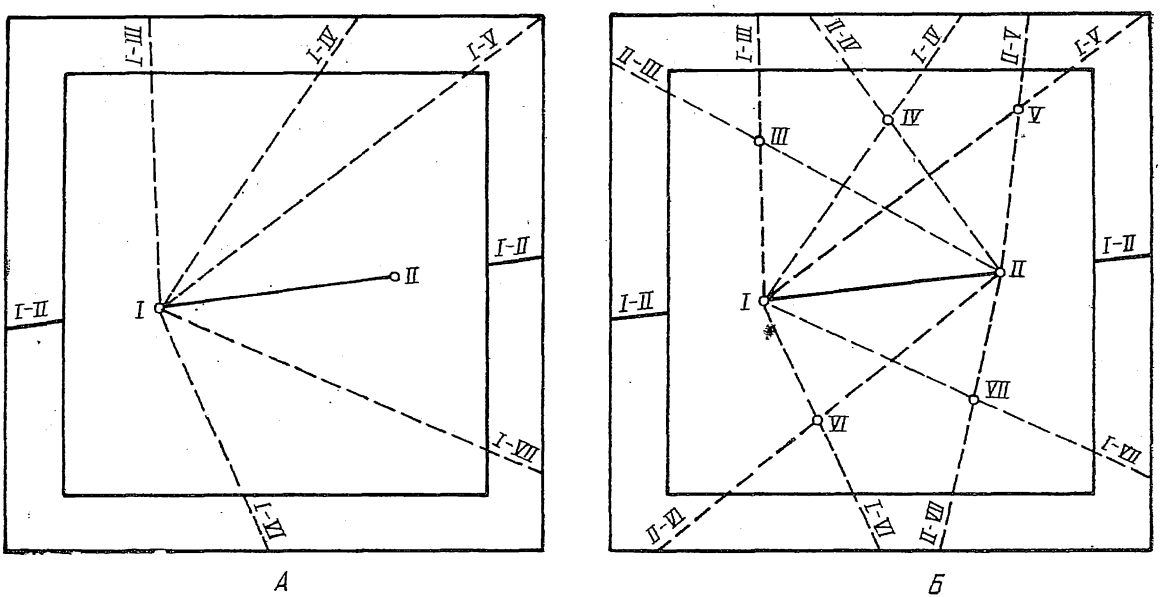


Рис. 128. Прочерчивание направлений на точки геометрической сети.

ния трубы кипрегеля до верхнего среза колышка, над которым установлен инструмент; l — высота вехи, на вершину которой наводится труба кипрегеля.

Поскольку расстояния между точками еще неизвестны, то превышения не могут быть сразу подсчитаны, но углы наклона определяют на все точки геометрической сети одновременно с прочерчиванием на них направлений. Углы наклона измеряют при круге вправо (КП) и при круге влево (КЛ).

При визировании зрительной трубой нужно добиваться четкого изображения сетки нитей и предмета.

Хорошая видимость сетки нитей достигается вдвиганием или выдвиганием окулярной трубки (около глаза), а хорошая видимость делений рейки — вращением кремальерного винта.

Для определения угла наклона выполняют следующие операции: 1) центр сетки нитей зрительной трубы наводят на верх вехи; 2) пузырек уровня при алидаде вертикального круга винтом уровня приводят на середину; 3) берут отсчет по вертикальному кругу (из показаний двух верньеров берут среднее значение); 4) зрительную трубу кипрегеля переводят через зенит и наведение повторяют в том же порядке, но уже при другом положении вертикального круга.

Не уходя с первой точки, необходимо измерить угол наклона на вторую точку базиса при обоих положениях вертикального круга; поскольку расстояние известно, то сразу же вычисляют и превышение второй точки над первой.

Работа на второй точке базиса. По ходу работы нужно с мензулой перейти на вторую точку базиса, над которой планшет сначала грубо, а потом тщательно центрируют, нивелируют и ориентируют. Ориентируют на этой точке не по буссоли, а по прочерченному на планшете направлению базиса.

Для этого устанавливают линейку кипрегеля по линии базиса и весь планшет поворачивают до тех пор, пока вертикальная нить кипрегеля не спроектируется на веху, выставленную на точке *I* базиса, что укажет на совпадение направления линии на планшете с направлением этой же линии на местности (рис. 128, *Б*). После ориентирования планшета нужно уже от точки *II* базиса прочертить направления по скошенному краю линейки на все определяемые точки геометрической сети. Од-

новременно измеряют углы наклона так, как это делали на точке *I* базиса.

Точка пересечения на планшете двух направлений с обоих концов базиса на одну и ту же точку геометрической сети дает положение этой точки на планшете.

Когда все точки геометрической сети будут нанесены на планшет, то можно будет графически определить до них расстояние от обоих точек базиса.

Эти расстояния берут прямо с планшета измерителем в масштабе плана.

Измеряют угол наклона с точки *II* базиса на точку *I* и вычисляют обратное превышение (то есть с точки *II* на точку *I*).

Между прямым и обратным превышениями берут среднее значение при условии, что расхождение между превышениями не более 3 см на каждые 100 м длины самого базиса. Точке *I* базиса дается абсолютная или условная отметка, и тогда высота точки *II* базиса будет равна высоте точки *I* плюс среднее превышение точки *II* над точкой *I*.

По измеренным расстояниям и углам наклона по вышеприведенным формулам дважды подсчитывают превышение каждой точки сети над одним и другим концами базиса.

Превышения точек геометрической сети увязываются из условия, что сумма превышений отдельно по каждому треугольнику должна быть равна нулю. Полученную допустимую невязку распределяют пропорционально длинам линий.

Плановое положение каждой точки геометрической сети полагается получить с контролем, то есть не только с двух точек базиса, но и с третьей точки. Для этого, как было сказано выше, выбирают одну из точек геометрической сети, которая получена засечкой под углом, близким к прямому, переносят туда инструмент, снова центрируют и нивелируют планшет, а ориентируют уже по двум точкам базиса.

После ориентирования планшета вновь прочерчивают по скошенному краю линейки направления на все точки геометрической сети. Таким путем положение каждой точки определяют уже с контролем.

После того как на планшет нанесены опорные точки (базис, геометрическая сеть) и вычислены их отметки, можно приступать к съемке всех контуров и рельефа.

Съемка контуров. На план должны быть нанесены все дороги, границы сельскохозяйственных угодий, водоемы, реки, ручьи, озера, болота, растительный покров, граница леса, кустарника, кварталы домов, отдельные постройки и т. д., что и достигается применением различных способов съемки. Очень большое применение при мензульной съемке имеет полярный способ. Он заключается в том, что от точки стояния инструмента, отмеченной на планшете, проводят визирование кипрегелем на все характерные изгибы снимаемого контура.

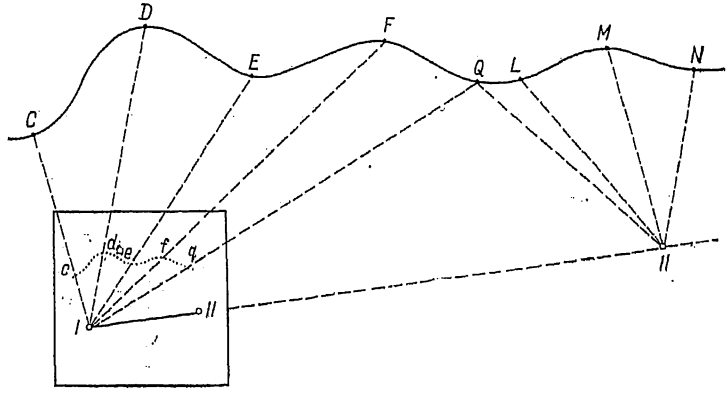


Рис. 129. Съемка контуров полярным способом.

Расстояния до характерных точек, определяемые по дальномеру, наносят на планшет от точки, на которой установлен инструмент по скошенному краю линейки, в направлении определяемой точки (рис. 129).

Таким образом на планшете постепенно вычерчивается контур, подобный по форме снимаемому.

Работа проводится в следующем порядке.

Предположим, что мензула установлена на точке *I*, от которой достаточно отчетливо видны все заметные изгибы снимаемого контура *C, D, E, F, Q*.

Реечник по указанию съемщика поочередно становится на все характерные изгибы (точки), держа перед собой рейку вертикально. Съемщик наводит трубу кипрегеля на рейку, следя, чтобы скошенный край линейки кипрегеля касался точки на планшете, над которой установлен инструмент, а вертикальная нить проектиро-

валась на рейку. Добившись резкости изображения рейки и сетки нитей, съемщик определяет расстояние по дальномеру; для этого подсчитывает по рейке число сантиметровых делений, поместившихся между крайними дальномерными нитями сетки. Зная коэффициент дальномера, определяет расстояние от переднего фокуса объектива до рейки. Например, при наведении на рейку в точке *C* между крайними нитями поместилось 37 сантиметровых делений; при коэффициенте дальномера $K=100$ это будет означать, что от переднего фокуса объектива до рейки 37 м.

При съемке в масштабе 1 : 10 000 и мельче полученное расстояние по рейке можно принять за расстояние от рейки до инструмента, то есть пренебречь постоянной величиной $c=50\div60$ см. При крупномасштабной съемке (крупнее 1 : 10 000) к каждому определенному расстоянию по рейке необходимо прибавлять *c* (расстояние от переднего фокуса объектива до центра инструмента).

Определенное расстояние сразу же берут измерителем в масштабе плана по масштабной линейке, прикрепленной к линейке кипрегеля, и откладывают по скошенному краю вперед от той точки, на которой установлен инструмент (в данном случае от точки *I*). На планшете будет получена точка *C*.

Затем реечник с рейкой переходит в другую характерную точку контура — точку *D*. Съемщик опять направляет на рейку трубу кипрегеля, а скошенным краем линейки касается точки *I*. Определив расстояние по дальномеру и отложив его в масштабе плана по скошенному краю от точки *I*, съемщик получает на планшете точку *d*.

Все полученные точки на планшете — *c, d, e, f, q* по мере перемещения реечника последовательно соединяют, что и дает снимаемый контур.

Работу в указанном порядке на станции *I* проводят до тех пор, пока будут сняты все контуры, которые хорошо видны с этой станции.

Закончив работу на первой станции, инструмент переносят на станцию *II*, а затем последовательно на все точки геометрической сети; со всех этих точек продолжают вести съемку контуров.

Съемка рельефа. Для того чтобы снять рельеф, необходимо на местности выяснить общий его характер

(равнинный, холмистый и т. д.), направления хребтов и лощин, изменения крутизны склонов и т. д. Поэтому при съемке рельефа рейку нужно ставить на всех характерных по высоте точках. Например, на рисунке 130 такими точками будут *1, 2, 3, 4*, где показаны изменения крутизны склонов.

Контуры и рельеф, как правило, снимают одновременно; часто точки, характерные по контуру, могут быть характерными и по рельефу.

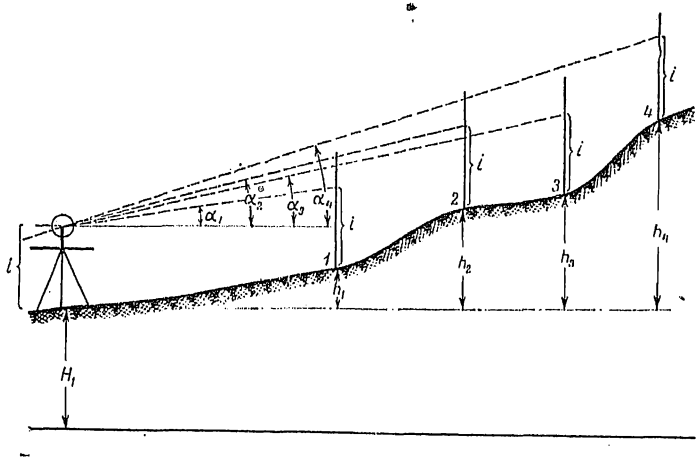


Рис. 130. Съемка рельефа.

Рельеф на мензуле снимают обычно методом тригонометрического нивелирования.

Превышения реечных точек относительно точки стояния инструмента определяют по формуле:

$$h=\frac{1}{2}K\cdot n\cdot\sin 2\alpha+i-l$$

или

$$h=\frac{1}{2}K\cdot n\cdot\sin 2\alpha,$$

где K — коэффициент дальномера; n — число делений, отсчитанных по рейке между крайними дальномерными нитями; α — угол наклона визирного луча; i — высота инструмента; l — высота наведения средней нити трубы на рейке.

Расстояния до реечных точек определяют по дальномеру по формуле:

$$D = K \cdot n \cdot \cos^2\alpha + c \cos\alpha^*.$$

По этим формулам составлены соответствующие таблицы. Наиболее распространены «Таблицы превышений, вычисляемых по расстояниям, измеренным дальномером» Г. Г. Егорова и «Тахеометрические таблицы» В. И. Ганьшина и Л. С. Хренова. Они наиболее удобны, так как величина $\frac{1}{2} Kn \sin 2\alpha$ подыскивается по углу наклона и расстоянию, непосредственно отсчитанному по рейке $Kn = D_1$.

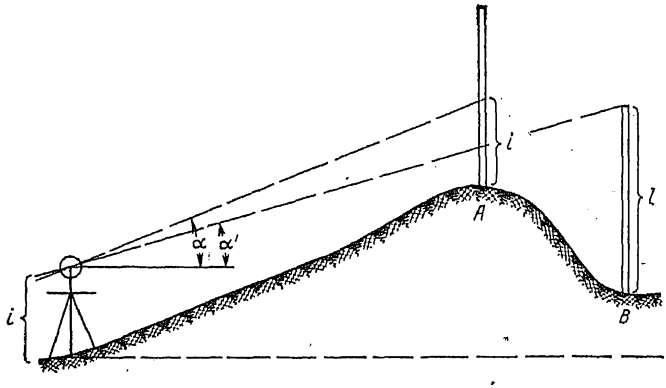


Рис. 131. Наведение центра сетки нитей на высоту инструмента и на верх рейки.

Формулой $h = \frac{1}{2} Kn \sin 2\alpha$ пользуются в том случае, когда центр сетки нитей для определения угла наклона наводится на отметку по рейке, равную высоте инструмента i (рис. 131, точка A).

Предварительно вычислив место нуля, определяют угол наклона по формуле:

$$\alpha = \text{МО} - \text{КЛ}$$

или

$$\alpha = \text{КП} - \text{МО}.$$

---

* Для зрительных труб с внутренней фокусировкой величина $c \cos\alpha$ в данной формуле практически равна нулю. Для труб с внешней фокусировкой величину $c \cos\alpha$ учитывают только при съемке крупного масштаба — 1:5000 и крупнее.

Рельеф, как и контуры, снимают при каком-либо одном положении вертикального круга (обычно при круге влево), поэтому пользуются одной из двух последних формул.

Высоты определяют в следующем порядке (все записи заносятся в журнал (табл. 19).

1. Определяют место нуля (М0) по вышеуказанной формуле.

Пузырек уровня алидады вертикального круга перед каждым отсчетом по вертикальному кругу необходимо приводить на середину.

2. На рейке отмечают высоту инструмента i, которую записывают над таблицей.

3. Реечник с рейкой становится на характерную точку рельефа, до которой определяют расстояние по дальномеру, и это расстояние записывают в журнал (графа 2).

4. Центр сетки нитей зрительной трубы наводят на высоту инструмента, пузырек уровня алидады вертикального круга приводят на середину трубки винтом уровня; после этого производят отсчет по вертикальному кругу по одному верньеру и записывают в графу 3.

5. Определяют угол наклона по формуле $\alpha = М0 - КЛ$ и записывают в графу 4, обязательно с тем знаком, с каким получится эта разность.

6. По расстоянию d_1, определенному по рейке, и углу наклона α из формулы $D_1 = d_1 \cos^2 \alpha$ определяют горизонтальное проложение (графа 5), которое и откладывают в масштабе плана. Как указывалось при крупномасштабной съемке, нужно к полученному расстоянию прибавить $c = 40 \div 50$ см.

При углах наклона до 2° расстояние, определенное по рейке, принимают за горизонтальное проложение.

7. Из таблиц высот находят превышение по известному расстоянию и углу наклона (графа 6); знак превышения будет такой же, как и угла наклона.

Если центр сетки нитей наводили не на высоту инструмента, а на верх рейки (рис. 131, точка B), то к вычисленному по таблицам превышению $h_1 = \frac{Kn}{2} \sin 2\alpha$ нужно прибавить $(i - l)$. Окончательное превышение записывают в графу 7.

Таблица 19

Журнал определения высот точек местности

Станция *I* (базис)
Отметка станции $H_{ст} = 50{,}00$ м
Высота инструмента $i = 1{,}30$ м
$M0 = 0°02'$

№ точек	Расстояние по рейке, $d_1 = K \cdot n$	Отсчет по вертикальному кругу, КЛ	Угол наклона, α	Горизонтальное проложение, D_1	Превышение по таблицам, $h_1 = \frac{Kn}{2} \sin 2\alpha$	Превышение $h = \frac{Kn}{2} \sin 2\alpha + i - l$, в м	Отметка H, в м	Место наведения нити трубы
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	50	359°30′	+0°32′	50	+0,46	+0,46	50,46	Высота инструмента
2	83	359°53′	+0°09′	83	+0,22	+0,22	50,22	То же
3	94	0°55′	−0°53′	94	−1,45	−1,45	48,55	» »
4	125	1°20′	−1°18′	125	−2,84	−3,54	46,46	Верх рейки $i = 2$ м

8. Отметку каждой точки определяют по формуле:

$$H_{точки} = H_{ст} + h,$$

где $H_{ст}$ — отметка станции.

Полученную отметку подписывают на плане около точки.

Обычно около каждой станции набирают такое число точек по высоте, которое обеспечит рисовку рельефа горизонталями с допустимой точностью. Число этих точек зависит от рельефа местности и принятого сечения горизонталями. Приближенно для ровной поверхности

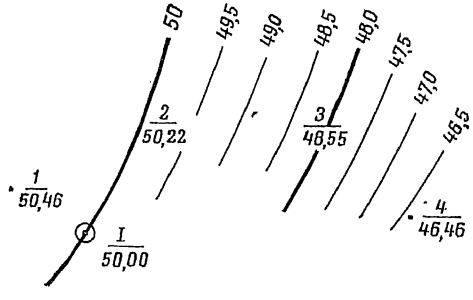


Рис. 132. Проведение горизонталей.

можно принять, что расстояния на планшете между точками, взятыми для рисовки рельефа, не должны превышать 1,5 см.

При мензульной съемке рельеф вычерчивают горизонталями сразу же в поле, не уходя со станции, чтобы можно было в натуре проследить правильность изображения рельефа.

Например, возьмем точки из вышеуказанной таблицы; пусть они на плане разместились так, как показано на рисунке 132. При сечении рельефа, равном 0,5 м, можно наметить на плане места прохождения соответствующих горизонталей. Между точками *4* и *3*, судя по их отметкам, пройдут горизонтали 46,5; 47,0; 47,5; 48,0 и 48,5; между точками *3* и *2* горизонтали 49,0; 49,5 и 50,0 м, причем горизонталь с высотой 50,0 м пройдет через точку станции, имеющую такую отметку. Дальнейшее прохождение других горизонталей неопределенно; следовательно, взято недостаточное количество то-

чек. Необходим еще ряд высотных точек, чтобы нарисовать рельеф на этой станции.

После того как будет отработана одна станция, работу по съемке контуров и рельефа продолжают на новой станции. Таким образом, будет продолжено вычерчивание на планшете контуров и рельефа в горизонталях. Последовательным переходом с мензулой от одной станции к другой снимают весь участок.

Работа по съемке небольшого участка может быть выполнена несколько иначе: на участке прокладывают замкнутый угломерный ход, по вычисленным координатам которого точки наносят на планшет; затем, устанавливая мензулу последовательно над каждой из этих точек и ориентируя планшет по другим точкам, снимают контуры и рельеф в указанном порядке. В случае необходимости полученные опорные точки могут быть сгущены развитием геометрической сети.

Задание бригаде. Студенты должны на практике по мензульной съемке проделать следующие работы: 1) проверить мензулу и кипрегель; 2) наметить на местности базис и установить мензулу на точке *I*; 3) нанести на планшет базис и прочертить направления от точки *I* базиса на несколько точек геометрической сети (2—3 точки); 4) измерить углы наклона на точку *II* базиса и на все определяемые точки геометрической сети; 5) точке *I* базиса придать условную отметку и снять контуры и рельеф с этой точки; рельеф дать в горизонталях с заданным сечением; 6) вычислить по углу наклона и измеренному расстоянию превышение точки *II* базиса над точкой *I*, а затем перейти с инструментом и установить его на точке *II* базиса (центрировать, нивелировать и ориентировать); 7) прочертить направления от точки *II* базиса на все определяемые точки геометрической сети; 8) в пересечении двух направлений (с двух точек базиса) наметить наколом измерителя положение определенных точек геометрической сети; измерить графически по масштабной линейке их расстояния от точек базиса; 9) измерить углы наклона на точку *I* базиса и на все определяемые точки геометрической сети; 10) по измеренному углу наклона с точки *II* на точку *I* вычислить обратное превышение; из прямого и обратного превышения взять среднее значение (расхождение не более 3 см на 100 м расстояния); 11) по значению среднего превышения точки *II* над точкой *I* и высоте точки *I* оп-

ределить высоту точки *II* базиса; 12) определить высоты точек геометрической сети от двух точек базиса по известным расстояниям, углам наклона и высотам точек базиса; 13) продолжить съемку рельефа и контуров с точки *II* базиса и со всех точек геометрической сети; 14) вычертить рельеф в горизонталях; 15) по окончании работы план отделывают следующим образом:

а) черной тушью подписывают номера и высоты всех точек: римскими цифрами — номера точек базиса и геометрической сети, арабскими цифрами — номера высотных точек, взятых на каждой станции (например: $\frac{1}{27{,}51}$, $\frac{2}{18{,}85}$);

б) точки обводят черными кружками диаметром 1 мм;

в) коричневой краской или тушью вычерчивают все горизонтали; высоты некоторых горизонталей должны быть подписаны посредине горизонталей или на их выходах за рамку;

г) черной тушью вычерчивают меридиан; на северной стороне листа делают заголовок «Мензульная съемка», внизу подписывают масштаб съемки, в правом нижнем углу подписывают состав бригады студентов, проводивших работу.

Контрольные вопросы

1. Какие применяются инструменты и принадлежности при мензульной съемке?
2. На какой главной основе проводится мензульная съемка?
3. Что такое геометрическая сеть при мензульной съемке и для чего она служит?
4. В чем заключается установка мензулы над точкой?
5. Как снимают подробности ситуации?
6. Как снимают рельеф и по каким формулам определяют превышения?
7. Как проводят горизонтали на плане?

Глава XIII
ПРОСТЕЙШИЕ СЪЕМКИ

§ 55. Глазомерная съемка

Иногда возникает необходимость иметь хотя бы приближенный чертеж местности. В этом случае можно применить глазомерную съемку, при которой расстоя-

ния измеряют шагами или определяют на глаз, а линии ориентируют относительно стран света по компасу и план чертят на бумаге в поле.

Для выполнения глазомерной съемки необходимо иметь небольшую папку-планшетку с жестким переплетом (рис. 133) или лист фанеры нужного размера, плотную бумагу, карандаш, трехгранную линейку-визирку и компас. Бумагу прикалывают или приклеивают краями к планшетке, на одном из углов которой укреплен компас так, чтобы линия СЮ на коробке компаса была параллельна одной из сторон планшетки.

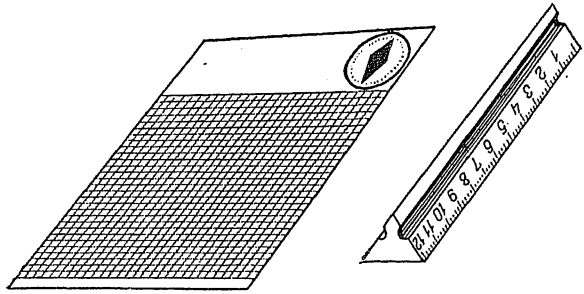


Рис. 133. Принадлежности для глазомерной съемки.

Глазомерная съемка проводится обычными способами, то есть обхода, перпендикуляров, засечек, полярным и створов.

Съемку преимущественно проводят по дорогам, по хорошим тропам вдоль рек, границ каких-либо участков и т. д., то есть по таким направлениям, по которым удобно передвигаться. С целью контроля съемку лучше вести замкнутыми ходами. Когда расстояния при глазомерной съемке определяют шагами, то предварительно нужно узнать размер своего шага; для этого, считая число шагов, проходят несколько раз по линии известной длины, например 50 м. Допустим, что в линии длиной 50 м в среднем укладывается 71 шаг; следовательно, длина одного шага будет $\frac{50}{71} = 0{,}7$ м. Поэтому все расстояния при съемке, измеренные шагами, каждый раз нужно умножать на длину своего шага, то есть на 0,7, и полученные расстояния в метрах откладывать в масштабе чертежа.

Работу по съемке участка ведут в следующем порядке: съемщик становится в одну из точек какого-либо основного направления снимаемого участка, например в точке *1* (поворот дороги) (рис. 134). Приводит планшет на глаз в горизонтальное положение и ориентирует по компасу, для чего поворачивает его в руках до тех пор, пока северный конец магнитной стрелки не совпадет с северным направлением меридиана на коробке компаса.

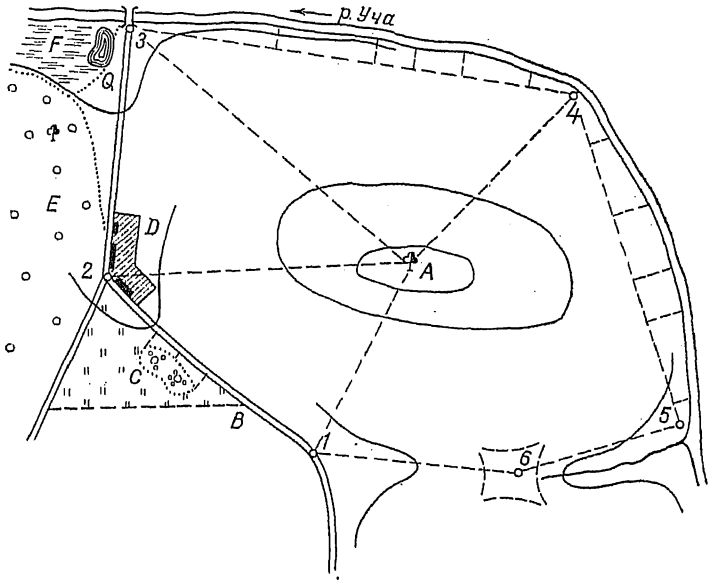


Рис. 134. План глазомерной съемки.

После этого съемщик намечает данную точку стояния на планшете с таким расчетом, чтобы весь участок разместился на листе бумаги. Затем поднимает планшет на уровень глаз, прикладывает один из краев визирной линейки к намеченной точке *1* и, не сбивая ориентировки планшета, поворачивает линейку вокруг точки *1* в направлении на следующую точку местности — *2* (второй поворот дороги).

После этого остается прочертить линию по скошенному краю линейки в направлении на определяемый предмет.

Во всех случаях, если это возможно, нужно проводить на планшете направления на отдельно стоящие точки местности, имеющие ориентировочное значение, например отдельно стоящее дерево в середине участка в точке *А*. В этом случае применяется способ засечек. Направление на это дерево может быть проведено от точки *1*.

Далее съемщик идет по дороге в направлении к точке *2* и считает число шагов, попутно снимая все контуры по обе стороны дороги. Так, например, дойдя до начала тропы в точке *В* (влево от дороги), съемщик откладывает в масштабе плана пройденное расстояние на прочерченной линии от точки *1*. В точке *В* он ориентирует планшет и проводит направление по визирке на продолжение тропы.

Идя по основному направлению вдоль дороги, он снимает массив кустарника *(С)* по левую сторону дороги, промеры до которого делает способом перпендикуляров. Не доходя до точки *2* по правую сторону дороги, отмечает начало приусадебных участков селения *(D)*.

Придя в точку *2*, откладывает все расстояние от точки *1*, то есть на план будет нанесена точка *2*. В точке *2* съемщик опять ориентирует планшет по компасу, проверяет направление пройденной линии и при ориентированном планшете устанавливает визирку уже в направлении с точки *2* на точку *3*. Опять прочерчивает линию дороги, идя вдоль которой наносит контуры по обе ее стороны, так же, как это делал при передвижении от точки *1* к точке *2*.

Из точки *2* прочерчивает направление на определяемую точку *А* (отдельно стоящее дерево).

В начале направления от точки *2* к точке *3* с правой стороны дороги снимает отдельные кварталы селения *(D)*, слева от дороги массив леса *(E)*, контур болота *(F)* с озером *(Q)*.

При глазомерной съемке отдельные формы рельефа могут быть показаны схематически горизонталями; так, условно в горизонталях, показывается лощина вдоль дороги от точки *2* к озеру.

Во всех последующих точках каждый раз ориентируют планшет по компасу и проверяют направления пройденных линий.

При точке *3* наносят мост через реку. От линий *3—4* и *4—5* проводят съемку перпендикулярами берега

реки. Условно показывают горизонталь вдоль берега. От линии *5—6* и *6—1* снимают ручей, тропу, показывают горизонтали, обозначающие лощину вдоль ручья, и лощину, обращенную к точке *1*. Точка *6* находится на седловине, которую также наносят схематически. После возвращения в начальную точку *1* может получиться невязка, которая не должна превышать $^1/_{75}$; $^1/_{100}$ периметра всего хода. Эта невязка может быть распределена способом параллельных линий, так же как в плане по румбам, с последующим некоторым исправлением контуров. Точка *А* находится на возвышенности, которую показывают горизонталями. При глазомерной съемке высоты отдельных точек хорошо определять при помощи барометра-анероида.

§ 56. Барометрическое нивелирование

Абсолютные высоты точек можно определять барометрическим, или физическим, нивелированием, которое основано на изменении атмосферного давления для точек, различно расположенных по высоте над уровнем моря.

Известно, что высота ртутного столба в ртутном барометре по мере увеличения высоты точки над уровнем моря будет уменьшаться.

Обычно барометрическое нивелирование проводят барометром-анероидом (рис. 135), представляющим собой тонкостенную металлическую коробку, из которой выкачана часть воздуха. От колебания атмосферного давления изменяется форма стенок коробки, что и отмечается стрелкой по шкале прибора. На показаниях анероида сказывается температура самого прибора, поэтому на приборе помещен термометр. На атмосферное давление, кроме высоты точки, оказывают влияние влажность воздуха, его температура и широта точки наблюдения. Так как учесть некоторые из указанных факторов часто бывает трудно, то ошибка в определении высот точек при барометрическом нивелировании колеблется от 1 до 3 м по высоте. Поэтому барометрическое нивелирование применяется на местности с ясно выраженным рельефом для предварительных обследований, часто с проведением глазомерной съемки.

Производство барометрического нивелирования. Барометрическое нивелирование не-

обходимо проводить в хорошую погоду, когда атмосферное давление изменяется незначительно, и избегать применения его при сильном ветре, перед грозой, в туман и т. д., то есть в то время, когда давление может быстро измениться на несколько миллиметров.

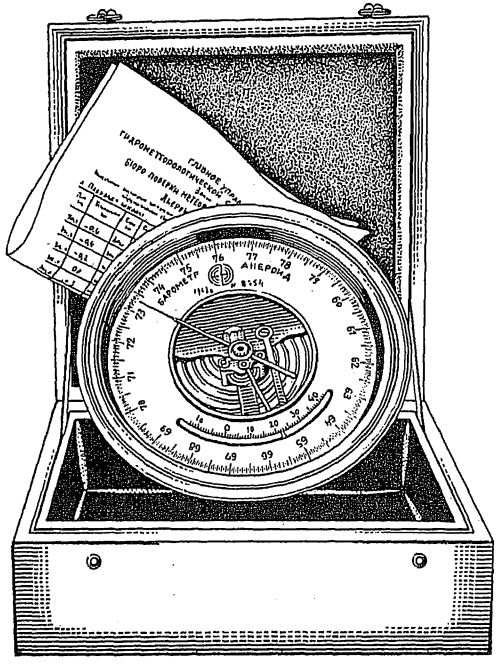


Рис. 135. Барометр-анероид.

Нужно учесть, что изменение давления на 1 мм приблизительно соответствует по высоте 10 м, поэтому при работе в плохую погоду возможны грубые ошибки.

Для определения высот точек необходимо иметь барометр-анероид, термометр-пращ для измерения температуры воздуха и часы для фиксирования времени наблюдения.

Работу ведут следующим образом: 1) открыв анероид и удерживая его горизонтально на уровне пояса, выжидают 3—5 минут, чтобы анероид принял температуру и давление окружающего воздуха; затем, слегка по-

стучав по стеклу его крышки (для преодоления инерции стрелки), записывают давление с точностью до 0,1 мм и температуру анероида; 2) отмечают время наблюдения по часам и температуру воздуха, определяемую термометром-пращом, который для этого вращают в воздухе за шнур в течение двух минут.

Указанные наблюдения ведут на всех характерных точках и записывают в журнал. По окончании работы наблюдатель возвращается в исходную точку, где опять записывает показания всех приборов.

Разница в давлении в начале и в конце наблюдений дает невязку, которая распределяется пропорционально пройденному времени.

Обработка результатов измерений. Все показания анероида должны быть приведены к показаниям ртутного барометра при 0°С, для чего вводятся соответствующие поправки по формуле:

$$B_0 = A + a + bt_A + c(N - A),$$

где A — показания анероида; a — поправка за стояние; bt_A — температурная поправка; b — коэффициент; t_A — температура анероида; $C(N-A)$ — поправка за шкалу; N — давление на уровне моря, то есть 760 мм.

Поправки a, b, c определяют лабораторным путем и записывают в паспорт анероида.

Общая формула, по которой определяется превышение между точками, имеет вид:

$$h = H_1 - H_2 + \alpha(H_1 - H_2)(t_n - 15°),$$

где H_1 и H_2 — приблизительные высоты точек над уровнем моря; t_n — средняя температура воздуха на двух соседних точках; α — коэффициент, постоянный для данной широты и средней влажности.

Пример вычисления высот точек по результатам барометрического нивелирования разобран в журнале (табл. 20).

В графы 1, 2, 3, 4, 5 заносят результаты полевых наблюдений; в графу 6 выписывают почленно поправку к показаниям анероида по формуле $a + bt_A + c(N - A)$; в графу 7 заносят показания ртутного барометра, которые получаются как сумма граф 5 и 6. Разность исправленных показаний барометра в начале и в конце наблюдений рассматривают как невязку и распределяют пропорционально прошедшему времени от начала наблю-

Журнал барометричес

$a = +1{,}1$, $в = -0{,}07$, $c = +0{,}02$, $h = H_n - H_{n-1}$

№ точек стояния	Время измерения	Температура воздуха, t	Температура анероида, t_A	Показания анероида, A	Поправка анероида $a + bt_A + c + (N - A)$	Показание ртутного барометра
1	2	3	4	5	6	7
1	10 час. 20 мин.	+22,5	+23,0	754,2	+1,1 — 1,61+0,12 = = — 0,39	753,81
2	11 час. 00 мин.	+23,0	+23,5	753,5	+1,1 — 1,64+0,13 = = — 0,41	753,09
3	11 час. 50 мин.	+23,4	+24,0	753,2	+1,1 — 1,68+0,14 = = — 0,44	752,76
4	12 час. 20 мин.	+23,6	+24,2	753,1	+1,1 — 1,69+0,14 = = — 0,45	752,65
5	13 час. 15 мин.	+24,0	+24,9	753,8	+1,1 — 1,74+0,12 = = — 0,52	753,28
6	14 час. 20 мин.	+25,0	+25,7	754,6	+1,1 — 1,80+0,11 = = — 0,59	754,01
						754,01 — 753,81 + 0,20

дений, то есть получается поправка за время, которую записывают в графу 8. Разберем это распределение на примере. За 4 часа давление изменилось на +0,20 мм; следовательно, за 1 час оно равно +0,20:4 = +0,05 мм.

Невязку распределяют с обратным знаком, поэтому на точку *1* поправка будет равна нулю, а на точку *2* она составит — 0,05 × 0,67 = — 0,03 мм.

Здесь 0,67 — время 40 минут, прошедшее между первым и вторым наблюдением, выраженное в сотых долях часа. Такой же перевод делается и дальше.

На точку *3* поправка равна 0,05 × 1,5 часа = — 0,08 мм
» » *4* » » 0,05 × 2,0 » = — 0,10 »
» » *5* » » 0,05 × 3,25 » = — 0,16 »

кого нивелирования

$-H_n + \alpha(H_n - H_{n-1})(t_n - 15°)$

Поправка за время	Исправленные за время показания ртутного барометра	Приблизительные высоты H, в м	Разность высот $(H_n - H_{n-1})$	Средняя температура воздуха	Поправка за температуру воздуха	Исправленные поправки за температуру воздуха	Исправленные разности высот	Отметка H, в м	Примечание
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
—	753,81	68,9	+8,4	22,7	+0,1 +0,3	+0,4	+8,8	68,9	Ясно, безветренно
—0,03	753,06	77,3	+4,3	23,2	+0,1	+0,1	+4,4	77,7	
—0,08	752,68	81,6	+1,4	23,5	—	—	+1,4	82,1	
—0,10	752,55	83,0	—6,3	23,8	—0,2	—0,2	—6,5	83,5	
—0,16	753,12	76,7	—7,8	24,5	—0,3	—0,3	—8,1	77,0	
—0,20	753,81	68,9	—	—	—	—	—	68,9	
			+14,1		+0,4	+0,5	+14,6		
			—14,1		—0,5	—0,5	—14,6		
			0,0		—0,1	0	0		

По приходе в начальную точку через 4 часа получим $-0{,}05 \times 4$ часа $= -0{,}20$ мм.

В графу 9 записывают показания барометра с введением поправки за время.

Из барометрических таблиц (В. И. Ганьшина и Л. С. Хренова или А. С. Чеботарева) по значениям давлений определяют приблизительные высоты (альтитуды точек) с точностью до десятых долей метра и записывают в графу 10.

В графу 11 записывают разность высот двух соседних точек, то есть из высоты последующей точки вычитают высоту предыдущей точки. Сумма этих разностей (превышений) должна быть равна нулю.

В графу 12 записывают среднюю температуру воздуха, определенную на двух соседних точках.

Поправку за температуру (графа 13) выбирают из соответствующих «Таблиц поправок за температуру». Знак поправки берется согласно знаку произведения $\alpha(H_n - H_{n-1}) \times (t_n - 15°)$ в вышеприведенной формуле. Сумма поправок за температуру должна быть равна нулю; если этого нет, то необходимо ее увязать пропорционально разностям высот точек и исправленные поправки записать в графу 14.

В графу 15 записывают исправленные разности высот, то есть сумму приблизительной разности высот (графа 11) и исправленной поправки за температуру (графа 14).

Относительно отметки точки *1* (68,9), которая принимается за правильную, подсчитывают высоты всех точек последовательным прибавлением к ней исправленных разностей высот.

Для получения отметки Земли в каждой точке нужно от всех полученных отметок точек отнять высоту анероида над Землей во время наблюдений.

§ 57. Новый способ барометрического нивелирования

Как выше было сказано, точность определения высот при барометрическом нивелировании невелика (1—3 м). Кроме того, использование формул приведения показаний анероида к показаниям ртутного барометра и определения превышений дают эффект при значительных расстояниях, когда условия наблюдения на разных точках не одинаковые.

Однако в некоторых случаях практики приходится определять рельеф земель сельскохозяйственного назначения сравнительно небольших площадей (3—5 км^2). Для обхода с анероидом такого участка потребуется немного времени, а отсюда и условия наблюдений можно считать одинаковыми. Если принять расстояния между двумя соседними нивелируемыми точками в 200—250 м, можно считать, что температура воздуха и влажность в этих точках одинаковы.

Температура анероида также приравнивается к температуре внешнего воздуха, для чего анероид предварительно выносят из помещения.

На двух соседних точках наблюдения ведут повторно, с возвращением назад и с дальнейшим продвижением вперед, то есть в точки *1—2—1—2—3—2—3—4* и т. д.

Таким образом, за короткий промежуток времени наблюдатель побывает на каждой точке 3 раза и каждый раз отмечает: 1) показания анероида, 2) время по часам и 3) температуру воздуха (берет с анероида).

Следовательно, для двух соседних точек получаются три разности атмосферных давлений, которые при соблюдении вышеуказанных условий можно отнести за счет разных высот точек относительно уровня моря:

$$B_0' - B_0'' = A_1 - A_2.$$

Из полученных трех разностей атмосферного давления определяется среднее арифметическое с точностью до 0,01 мм.

В связи с тем что атмосферное давление изменяется от высоты точки не всегда одинаково и находится в некоторой зависимости от температуры воздуха и давления, то для перевода разности атмосферного давления в превышение в метрах применяют таблицы барометрических ступеней (А. С. Чеботарева). В этих таблицах по данной средней температуре воздуха и давлению находится превышение в метрах, соответствующее изменению атмосферного давления на 1 мм.

Такой способ барометрического нивелирования из-за быстроты его выполнения свободен от влияния поправок за температуру, за время и постоянных анероида a, b, c.

Этот метод нивелирования был разработан кафедрой геодезии ТСХА под руководством проф. П. М. Орлова и был с успехом проверен в полевых условиях на местности с различным характером рельефа.

Контрольные вопросы

1. Что нужно иметь для производства глазомерной съемки?
2. Как ориентируют планшет и наносят на него контуры?
3. Какие наблюдения выполняют в поле при барометрическом нивелировании барометром-анероидом?
4. Каким образом показания барометра-анероида приводят к показаниям ртутного барометра?
5. Какое превышение в метрах приблизительно соответствует изменению атмосферного давления на 1 мм?
6. В чем заключается удобство нового способа барометрического нивелирования?

ПРИЛОЖЕНИЕ

Условные знаки для топографических планов в масштабе 1 : 5000

Пункты триангуляции — 3,0 / 3,5 / Ведное / 393,4

Пункты полигонометрии — 2,0 / 2,0 / 93 / 344,9

Реперы грунтовые и скальные — 1,8 / 7 / 500,66

Марки и реперы стенные — 670,96

Столбы граничные — 1,2

Буровые скважины — 1,5 / бур.

Шурфы — 2,5 / 2,2 / 1,2 / 1,5 / шурф

Буровые вышки — 3,5 / 1,8 / 1,5

Колодцы — 1,2 / К.

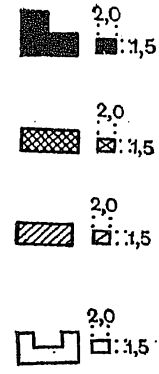
Мельницы водяные — 2,5 / 1,5

Строения жилые (кирпичные, каменные, железобетонные)

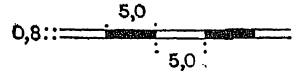
Строения нежилые (кирпичные, каменные, железобетонные)

Строения жилые (деревянные, глинобитные, саманные)

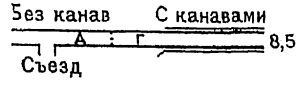
Строения нежилые (деревянные, глинобитные, саманные)



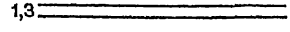
Рельсовые пути железнодорожные



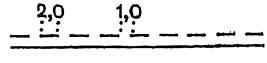
Автогужевые дороги и мостовые на застроенной территории с указанием материала покрытия



Грунтовые профилированные и улучшенные дороги

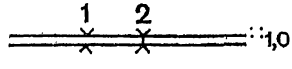


Грунтовые дороги

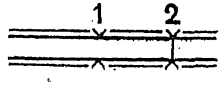


Трубы (1) и мосты (2) через незначительные препятствия:

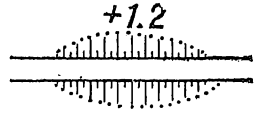
на грунтовых дорогах



на шоссе



Дороги по насыпи



Дороги в выемке

Линии телефонной и телеграфной связи

Линии электросети низкого напряжения на столбах

Заборы деревянные

Изгороди и плетни

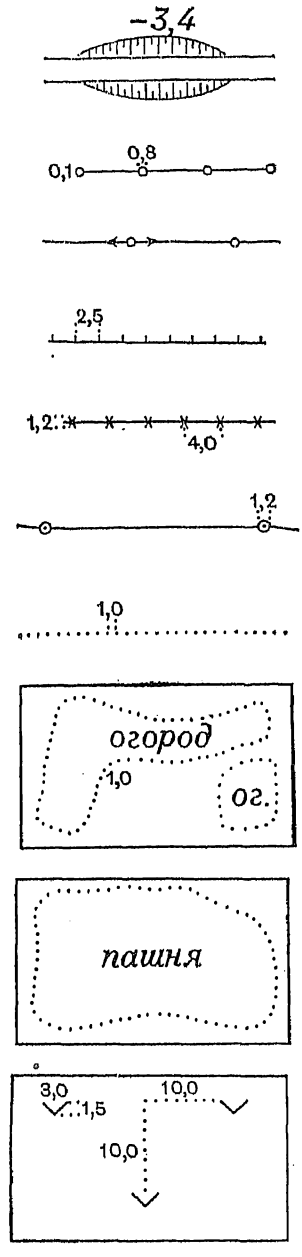
Границы землепользований и отводов

Границы сельскохозяйственных угодий и природных объектов

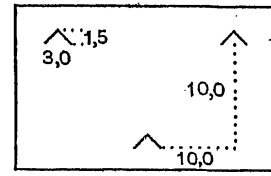
Огороды и бахчи

Пашни

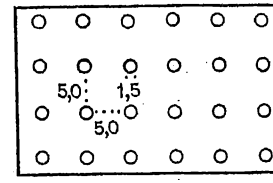
Перелоги и залежи



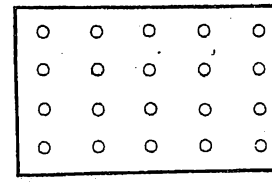
Выгоны и пастбища



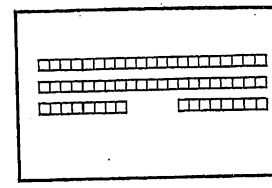
Сады фруктовые



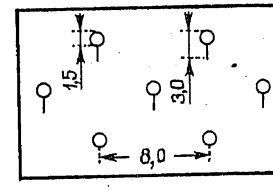
Сады ягодные



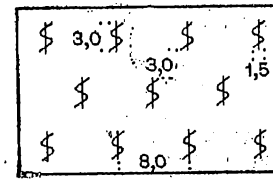
Парники



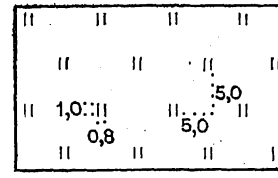
Чай



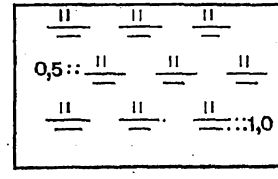
Виноградники



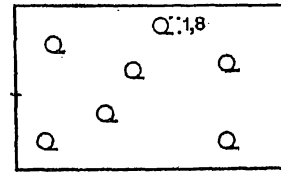
Луга суходольные



Луга заливные



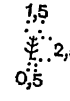
Лес редкий по пашне



Отдельно стоящие деревья и знаки пород леса:

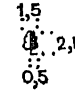
ель и пихта,

сосна и кедр

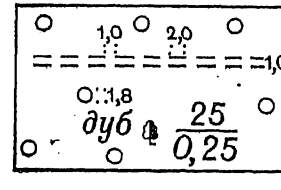


Лиственные:

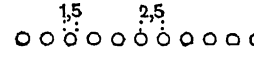
широколиственные (дуб, бук, клен и др.)



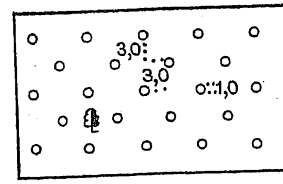
Лес с просекой, со знаком и подписью породы, с характеристикой высоты и толщины деревьев



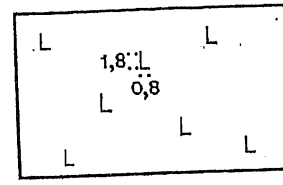
Узкие полосы леса и полезащитные насаждения



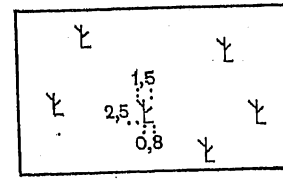
Лесные питомники



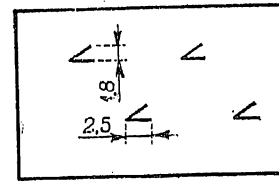
Лес вырубленный



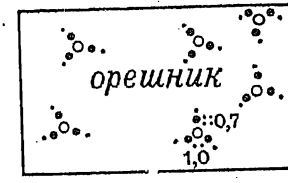
Лес горелый



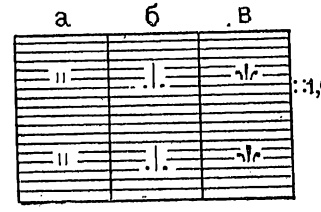
Буреломы



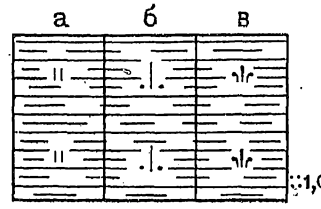
Кустарник



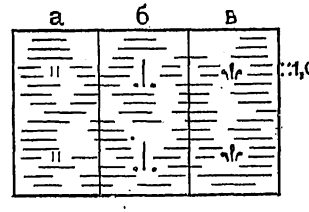
Болота непроходимые:
а — травяные; *б* — моховые; *в* — камышовые и тростниковые



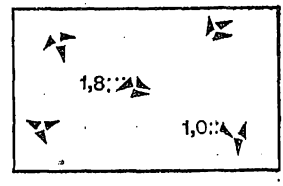
Болота труднопроходимые:
а — травяные; *б* — моховые; *в* — камышовые и тростниковые



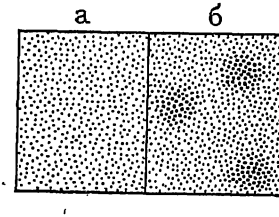
Болота проходимые:
а — травяные; *б* — моховые; *в* — камышовые и тростниковые



Каменистая поверхность



Пески:
а — ровные; *б* — бугристые



Обрывы

Выемки грунта

ОГЛАВЛЕНИЕ

Раздел первый

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

Глава I
Масштабы, условные знаки, экер и эклиметр 3
§ 1. Упражнения с масштабом 3
§ 2. Знакомство с условными знаками 9
§ 3. Работа с экером и эклиметром 11
Глава II
Ориентирование линий и построение плана по румбам . . 15
§ 4. Азимуты, румбы и дирекционные углы линий . . 15
§ 5. Буссольная съемка 17
§ 6. Определение углов между линиями по их румбам . 21
§ 7. Способы съемок буссолью 22
§ 8. Составление плана по румбам 24
§ 9. Распределение невязки 28
§ 10. Вычисление площади графическим способом . . 32
Глава III
Обработка результатов теодолитной съемки 42
§ 11. Определение угловой невязки 43
§ 12. Вычисление дирекционных углов 44
§ 13. Перевод дирекционных углов в румбы 46
§ 14. Вычисление приращений координат 47
§ 15. Определение невязок 49
§ 16. Распределение невязки в приращениях координат и вычисление координат 51
§ 17. Составление плана угломерной съемки . . . 53
§ 18. Определение площади планиметром 61
§ 19. Проектирование полей севооборота . . . 66
Глава IV
Обработка журнала продольного нивелирования и построение профиля 72
§ 20. Обработка полевого журнала 73
§ 21. Построение продольного профиля 80
§ 22. Проведение проектной линии 82
Глава V
Составление нивелирного плана с горизонталями . . . 100
§ 23. Обработка полевого журнала 100
§ 24. Составление плана с горизонталями 103
Глава VI
Работа с картой 106
§ 25. Карта и план 106
§ 26. Номенклатура карт 110
§ 27. Определение географических координат точек на карте 115
§ 28. Определение плоских прямоугольных координат точек на карте 117
§ 29. Определение масштаба карт 120
§ 30. Ориентирование линий, проведенных на карте . 121
§ 31. Задачи, решаемые на карте с горизонталями . . 122
§ 32. Сельскохозяйственные карты и атласы 132

Глава VII
Аэрофотосъемка 134
§ 33. Общее понятие об аэрофотосъемке 134
§ 34. Определение масштаба планового аэроснимка . . 135
§ 35. Составление накидного монтажа, фотосхемы и фотоплана 137
§ 36. Ориентирование аэроснимка. 138
§ 37. Дешифрирование аэроснимков 138

Раздел второй

ПОЛЕВАЯ УЧЕБНАЯ ПРАКТИКА

Глава VIII
Теодолитная съемка 147
§ 38. Практическое знакомство с теодолитами . . . 147
§ 39. Поверки теодолита 155
§ 40. Малый оптический теодолит ТОМ 158
§ 41. Выбор полигона и закрепление вершин его углов на местности 158
§ 42. Измерение горизонтальных углов полигона теодолитом 159
§ 43. Вешение и измерение сторон полигона 164
§ 44. Съемка ситуации (подробностей) 167
Глава IX
Разбивка плодового сада 172
§ 45. Разбивка сада значительной площади . . . 172
§ 46. Разбивка сада небольшой площади . . . 175
Глава X
Продольное нивелирование. 175
§ 47. Производство отсчетов по рейкам и поверки нивелиров 176
§ 48. Подготовка трассы к нивелированию . . . 186
§ 49. Нивелирование 189
Глава XI
Нивелирование поверхности Земли. 196
§ 50. Разбивка сетки квадратов 196
§ 51. Нивелирование вершин квадратов 198
Глава XII
Мензульная съемка 199
§ 52. Поверки мензулы 202
§ 53. Поверки кипрегеля 203
§ 54. Производство мензульной съемки 206
Глава XIII
Простейшие съемки 221
§ 55. Глазомерная съемка 221
§ 56. Барометрическое нивелирование 225
§ 57. Новый способ барометрического нивелирования . 230
Приложение 232

12 коп.

К сведению читателей

В 1969 г. издательство «Колос» выпускает для сельскохозяйственных вузов следующие учебники и учебные пособия.

Бахтин И. А. и Емц[illegible] Г. «Ботаника с основами физиологии растений и микробиологии».

Каурычев И. С., Гречин И. П. и др. «Почвоведение».

Пересыпкин В. Ф. «Сельскохозяйственная фитопатология».

Трисвятский Л. А. и др. «Хранение и технология сельскохозяйственных продуктов».