МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

О.Ф. КУЗНЕЦОВ

ОСНОВЫ ГЕОДЕЗИИ И ТОПОГРАФИЯ МЕСТНОСТИ

Рекомендовано Учёным советом государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет» в качестве учебного пособия для студентов, по направлениям подготовки – «Геология нефти и газа», «Геологическая съёмка», «Геодезия и землеустройство», «Строительство».

Оренбург 2007

УДК 271.023(0758).
ББК 38.2Я7
К89

Рецензент
доктор сельскохозяйственных наук, профессор, А.Ж. Калиев.

Кузнецов О.Ф.
К89 **Основы геодезии и топография местности: учебное пособие – О.Ф. Кузнецов. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2007 – 309 с.**
ISBNX5-7410-0616-7

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по направлениям подготовки «Геология нефти и газа», «Геологическая съёмка», «Геодезия и землеустройство», «Строительство».

ББК 38.2Я7

К $\frac{3300100000}{6Л9\text{-}05}$

ISBN

© Кузнецов О.Ф., 2007
© ИПК ГОУ ОГУ, 2007

Содержание

Введение ... 7
1 Системы координат в геодезии. Государственные геодезические и нивелирные сети ... 9
1.1 Понятия о фигуре и размерах земли ... 9
1.1.1 Геоид ... 9
1.1.2 Земной эллипсоид ... 10
1.1.3 Основные линии и плоскости эллипсоида ... 11
1.2 Азимуты направлений ... 12
1.2.1 Географические координаты ... 12
1.2.2 Азимуты направлений ... 15
1.2.3 Плоские прямоугольные координаты и дирекционный угол ... 16
1.2.4 Связь между дирекционным углом и геодезическим азимутом ... 19
1.2.5 Высоты точек ... 20
1.3 Система координат 1942 года ... 21
1.4 Геодезические, нивелирные и гравиметрические сети ... 22
1.4.1 Геодезические сети ... 22
1.4.2 Нивелирные сети ... 25
1.4.3 Гравиметрические сети ... 26
1.5 Центры и знаки геодезической, нивелирной и гравиметрической сетей ... 27
1.5.1 Центры ... 27
1.5.2 Геодезические знаки ... 27
1.5.3 Постройка простой пирамиды ... 34
2 Правила вычислений, ошибки измерений ... 35
2.1 Основные правила вычислений ... 35
2.1.1 Общие правила вычислений ... 35
2.1.2 Правила округления чисел ... 37
2.1.3 Правила действий с приближенными числами ... 37
2.2 Сведения о тригонометрических функциях ... 40
2.2.1 Тригонометрические функции острого угла ... 40
2.2.2 Тригонометрические функции произвольного угла ... 41
2.2.3 Таблицы натуральных значений тригонометрических функций ... 43
2.3 Основные геодезические задачи ... 45
2.3.1 Прямая геодезическая задача ... 45
2.3.2 Обратная геодезическая задача ... 47
2.3.3 Решение треугольника ... 49
2.4 Ошибки измерений ... 52
2.4.1 Понятие об измерениях ... 52
2.4.2 Классификация ошибок измерений ... 53
2.4.3 Оценка точности результатов измерений ... 55
2.4.4 Средняя квадратичная ошибка ... 55

2.4.5 Относительная ошибка ... 58
2.4.6 Предельная ошибка ... 58
3 Приборы для измерения углов, расстояний и превышений ... 60
3.1 Угломерные приборы. Измерение углов ... 60
3.1.1 Теодолит Т2 ... 62
3.1.2 Теодолит Т5 ... 65
3.1.3 Теодолиты 2Т30, 2Т30П ... 68
3.1.4 Поверки и юстировки теодолитов Т2, Т5, Т5 К ... 69
3.1.5 Поверка перпендикулярности горизонтальной трубы к вертикальной оси вращения теодолита ... 71
3.1.6 Поверки и юстировки теодолита 2Т30 ... 74
3.1.7 Подготовка теодолита к работе. Правила обращения с теодолитом ... 76
3.1.8 Измерение горизонтальных углов ... 77
3.1.9 Измерение вертикальных углов ... 84
3.1.10 Определение элементов приведения ... 85
3.2. Приборы для измерения расстоянии ... 90
3.2.1 Землемерные стальные ленты ... 90
3.2.2 Измерение линий мерными лентами ... 92
3.2.3 Светодальномеры ... 95
3.3 Нивелиры. Геометрическое нивелирование ... 96
3.3.1 Нивелир Н3 ... 98
3.3.2 Нивелир НС3 ... 99
3.3.3 Нивелир НС4 ... 99
3.3.4 Нивелир НВ-1 ... 101
3.3.5 Нивелирные рейки ... 101
3.3.6 Поверки нивелиров ... 103
3.3.7 Порядок работы при нивелировании ... 104
4 Геодезическое ориентирование ... 107
4.1 Общие понятия о геодезическом ориентировании ... 107
4.2 Определение координат при передаче ориентирования ... 108
4.2.1 Определение координат отдельных точек ... 108
4.2.2 Определение координат точек методом полигонометрии ... 108
4.2.3 Отыскание грубых ошибок в полигонометрических ходах ... 117
4.2.4 Определение координат точек методом триангуляции ... 118
5 Определение высот отдельных точек ... 132
5.1 Определение высот точек методом геометрического нивелирования ... 132
5.2 Определение высот точек методом тригонометрического нивелирования ... 137
6 Топографические карты и аэрофотоснимки ... 139
6.1 Основные разновидности карт ... 139
6.2 Математическая основа карт ... 140
6.3 Топографические карты ... 144
6.4 Специальные карты и планы городов ... 145

6.5 Проекция топографических карт ... 147
6.6 Разграфка и номенклатура топографических карт ... 149
6.7 Рельеф местности и его изображение на картах ... 156
6.7.1 Формы рельефа ... 156
6.7.2 Характеристика скатов ... 159
6.7.3 Изображение рельефа на картах ... 161
6.7.4 Изображение форм рельефа, не выражающихся на карте горизонталями ... 169
6.7.5 Особенности изображения рельефа на топографических картах масштабов 1: 500 000 и 1 : 1 000 000 ... 170
6.7.6 Изучение рельефа по карте ... 171
6.7.7 Изучение рельефа по карте ... 172
6.8 Содержание топографических карт ... 178
6.8.1 Основные элементы содержания карты ... 178
6.8.2 Гидрография ... 180
6.8.3 Гидротехнические сооружения ... 186
6.8.4 Растительный покров и грунты ... 187
6.8.5 Дорожная сеть ... 194
6.8.6 Населенные пункты ... 199
6.8.7 Промышленные, сельскохозяйственные и социально-культурные объекты ... 201
6.8.8 Геодезические пункты ... 203
6.8.9 Границы ... 203
6.8.10 Зарамочное оформление карт ... 204
6.9 Измерения по карте ... 206
6.9.1 Измерение расстояний ... 206
6.9.2 Измерение длины маршрута ... 210
6.9.3 Определение площадей ... 212
6.9.4 Определение азимутов и дирекционных углов ... 212
6.10 Определение координат объектов на земной поверхности ... 219
6.10.1 Системы координат, применяемые в топографии ... 219
6.10.2 Определение географических (геодезических) координат точек по карте ... 221
6.10.3 Плоские прямоугольные координаты и топографическая карта ... 221
6.10.4 Полярные и биполярные координаты ... 227
6.10.5 Звездное небо ... 228
6.11 Аэрофотоснимки местности ... 231
6.11.1 Воздушное фотографирование и аэрофотоснимки ... 231
6.11.2 Виды воздушного фотографирования и аэрофотоснимков ... 233
6.11.3 Аэрофотоснимки как измерительные документы ... 237
6.11.4 Геометрическая сущность и масштабы воздушного фотографирования ... 238
6.11.5 Фотодокументы ... 242

6.11.6 Измерения на аэрофотоснимках ... 243
6.11.7 Стереоскопическое рассматривание аэрофотоснимков ... 245
6.11.8 Перенос объектов с аэрофотоснимков на карту ... 246
6.11.9 Определение прямоугольных координат объектов по аэрофотоснимкам ... 249
6.11.10 Дешифрирование аэрофотоснимков ... 250
7 Ориентирование на местности ... 256
7.1 Ориентирование на местности без карты ... 256
7.1.1 Сущность и способы ориентирования на местности ... 256
7.1.2 Выбор и использование ориентиров ... 257
7.1.4 Определение и выдерживание направлений на местности ... 266
7.2 Ориентирование на местности по карте ... 272
7.2.1 Топографическая карта основное средство ориентирования на местности ... 272
7.2.2 Ориентирование по карте на месте ... 273
7.2.3 Ориентирование на местности по карте в движении ... 281
7.2.4 Особенности ориентирования в различных условиях местности ... 284
7.2.5 Ориентирование по карте в полете ... 287
8 Изучение и оценка местности ... 291
8.1 Способы и методика изучения местности ... 291
8.2 Изучение проходимости местности ... 292
8.3 Изучение условий видимости ... 295
8.4 Построение профиля местности по линии большой протяженности ... 302
8.5 Прогнозирование изменений местности ... 303
8.6 Изучение рек и сезонных изменений местности ... 304
9 Литература, рекомендуемая для изучения тем ... 309

"Любое образование – есть самообразование"
Л.Н. Толстой

Введение

Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлениям «Геология нефти и газа», «Геологическая съёмка», «Геодезия и землеустройство», «Строительство» составлено на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования и требований к уровню подготовки выпускников ВУЗов.

В пособии кроме изложенного материала приведены контрольные вопросы и упражнения после каждого раздела, что должно способствовать улучшению самостоятельной работы студентов при изучении тем, приведённые примеры рассмотрены на основании опыта получения результатов полевых геодезических измерений и решения задач топографии в различных регионах России.

Кроме того, преподавание основ геодезии по-прежнему осуществляется на первом курсе, когда студенты ещё не знакомы с терминологией в геодезии, а также с технологией производства геодезических работ в различных сферах деятельности.

Данное пособие также широко и углубленно охватывает вопросы топографии местности в тесной связи с технологией производства и изучения особенностей местности, свойств местности.

Настоящее пособие систематизировано по следующим основным разделам:

1) системы координат в геодезии. Государственные геодезические и нивелирные сети;
2) правила вычислений, ошибки измерений;
3) приборы для измерения углов, расстояний и превышений;
4) геодезическое ориентирование;
5) определение высот отдельных точек;
6) топографические карты и аэрофотоснимки;
7) ориентирование на местности;
8) изучение и оценка местности.

Работая над учебным пособием, автор стремился изложить материал в доходчивой форме, проиллюстрировать наиболее сложные в теоретическом отношении вопросы рисунками, чертежами, более рационально разместить материал с методической точки зрения.

Знания, полученные студентами на лекционных занятиях по изучению основ геодезии и топографии местности, должны совершенствоваться на лабораторных занятиях и в период проведения летней полевой геодезической практики. Материал по самостоятельной работе студентов изложен в учебном пособии «Инженерная геодезия» - Норкин С.П., Кузнецов О.Ф. - Оренбург ГОУ ОГУ – 2004 г.

Автор благодарен заведующему кафедрой «Городской кадастр» профессору Калиеву за замечания, способствовавшие, улучшению содержания учебного пособия, а также преподавателю кафедры «Городской кадастр» Обуховой Т.Г. за помощь в подготовке графической части пособия. Замечания и предложения, направленные на совершенствование содержания и редакцию текста данного пособия передавать на кафедру «Общей геологии» или лично автору.

1 Системы координат в геодезии. Государственные геодезические и нивелирные сети

1.1 Понятия о фигуре и размерах земли

1.1.1 Геоид

Для определения положения точек и направлений на земной поверхности необходимо знать геометрическую форму и размеры Земли.

Земля имеет сложную фигуру. Сложность этой фигуры обусловлена наличием материков (29 % поверхности Земли) и Мирового океана с морями (71 %), а также неравномерным распределением масс в теле Земли.

За фигуру Земли принимается геоид. Геоидом называется фигура, ограниченная уровенной поверхностью, совпадающей в открытых морях и океанах с их спокойной поверхностью и мысленно продолженной под материками, (рисунок 1).

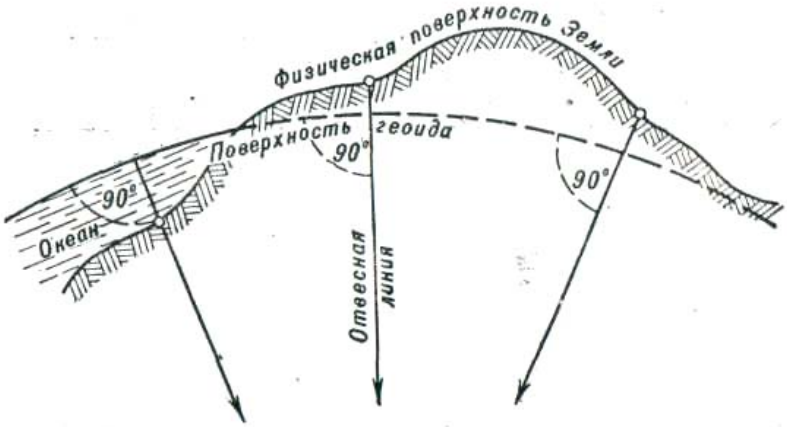


Рисунок 1 – Уровенная поверхность

Уровенная поверхность в каждой точке пересекает направление отвесной линии (направление силы тяжести) под прямым углом.

Направление отвесной линии в каждой точке зависит от распределения масс в теле Земли. Следовательно, геоид учитывает эту неравномерность распределения масс и тем самым наиболее правильно представляет фигуру Земли.

От поверхности геоида (от уровня моря) ведется отсчет высот точек. Использовать же геоид для обработки линейных и угловых геодезических измерений не представляется возможным, так как он не является правильным геометрическим телом, поверхность которого можно было бы выразить математической формулой. Поэтому поверхность геоида заменяется наиболее близкой к ней поверхностью земного эллипсоида (рисунок 2).

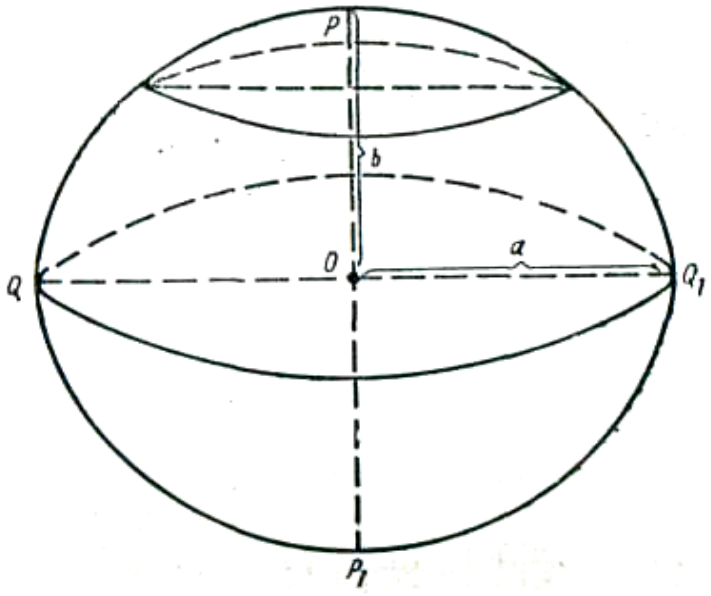


Рисунок 2 – Эллипсоид вращения

1.1.2 Земной эллипсоид

Размеры земного эллипсоида устанавливаются из определений размеров Земли.

Форма и размеры земного эллипсоида определяются его элементами: большой a и малой b полуосями и полярным сжатием α, которые между собой связаны соотношением

$$\alpha = \frac{a-b}{a}.$$

Обычно для земного эллипсоида указываются величины большой полуоси и полярного сжатия. Значения этих величин вычисляются, как правило, на основе многочисленных геодезических измерений, выполненных на территории одной или нескольких стран. Учеными разных стран было проведено более 60 определений размеров земного эллипсоида. В Советском Союзе до 1946 г. использовался эллипсоид Бесселя. С 1946 г. принят эллипсоид Красовского, у которого большая (экваториальная) полуось a = 6378245 м, малая (полярная) полуось b = 6356863 м и полярное сжатие α = 1 : 298,3.

С развитием ракетного оружия и космических летательных аппаратов возникла необходимость в знании размера земного эллипсоида, наилучшим образом представляющего фигуру Земли в целом. Такой эллипсоид называется общим земным эллипсоидом.

Размеры общего земного эллипсоида и его положение в теле Земли определяют так, чтобы:

1) объем его был равен объему геоида;

2) плоскость экватора и малая ось его совпадали соответственно с плоскостью экватора и осью вращения Земли;

3) сумма квадратов уклонений по высоте поверхности геоида от поверхности общего земного эллипсоида была наименьшей.

1.1.3 Основные линии и плоскости эллипсоида

Прямая Mn (рисунок 3) перпендикулярная касательной плоскости N к эллипсоиду в точке ее касания M, называется нормалью.

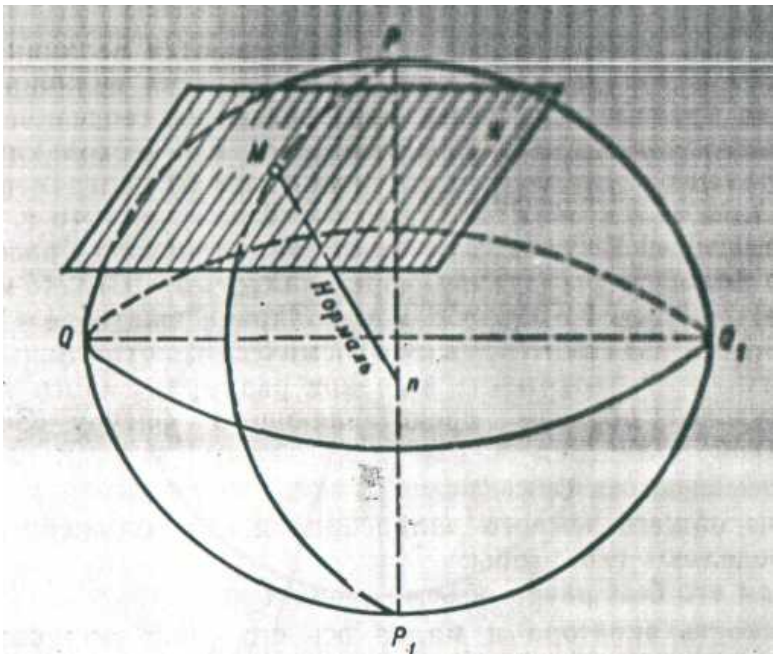


Рисунок 3 – Нормаль к поверхности эллипсоида

Любая плоскость, проходящая через нормаль, называется нормальной плоскостью. Через нормаль можно привести бесчисленное множество нормальных плоскостей, из которых плоскость меридиана и плоскость первого вертикала являются основными.

Нормальная плоскость N_1 (рисунок 4), проходящая через нормаль точки M и малую ось эллипсоида, называется плоскостью геодезического меридиана данной точки. Сечение поверхности эллипсоида этой плоскостью дает след, называемый геодезическим меридианом. Нормальная плоскость N_2, перпендикулярная к плоскости геодезического меридиана, называется плоскостью первого вертикала. Сечение поверхности эллипсоида этой плоскостью дает след, называемый первым вертикалом.

Плоскость, перпендикулярная к малой оси эллипсоида и проходящая через его центр, называется плоскостью экватора. Сечение поверхности эллипсоида этой плоскостью дает след, называемый экватором.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что называется геоидом?
2. Что такое земной эллипсоид и какими элементами он определяется?
3. Перечислить основные линии и плоскости эллипсоида?

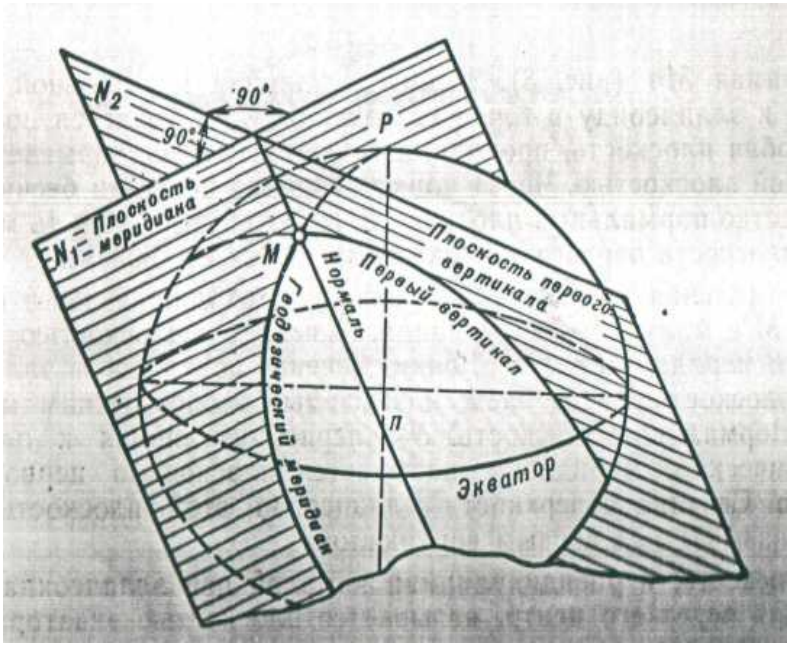


Рисунок 4 – Плоскость меридиана и плоскость первого вертикала

1.2 Азимуты направлений

Координатами называются линейные или угловые величины, определяющие положение точек на какой-либо поверхности или в пространстве.

Линии и поверхности (плоскости), относительно которых определяется положение точек, называются соответственно осями координат или координатными поверхностями (плоскостями).

Координаты в геодезии – совокупность трех чисел, определяющих положение точки земной поверхности относительно некоторой исходной поверхности (поверхности относимости). Такой поверхностью служит поверхность эллипсоида вращения, поверхность сферы («земного шара») или плоскость. На этой поверхности можно получить только две координаты. Третьей же координатой является высота точки над поверхностью геоида (над уровнем моря)[1].

Основными системами координат в геодезии являются географические и плоские прямоугольные координаты.

1.2.1 Географические координаты

Координатными плоскостями в системе географических координат являются плоскости экватора и меридиана, принятого за начальный (нулевой). В этой системе положение какой-либо точки определяется географической широтой и географической долготой.

Географические координаты (широта и долгота), определяемые по данным геодезических измерений и путем последующих вычислений на поверхности земного эллипсоида, называются геодезическими.

[1] Более подробно о системе высот будет сказано ниже.

Геодезической широтой точки М (рисунок 5), называется угол В, образованный нормалью Mn к поверхности эллипсоида в этой точке и плоскостью экватора. Счет широт ведется от 0 до 90° к северу и югу от экватора. Широты точек, расположенные к северу от экватора, называются северными, а к югу – южными. Северным широтам придается знак плюс, а южным – минус.

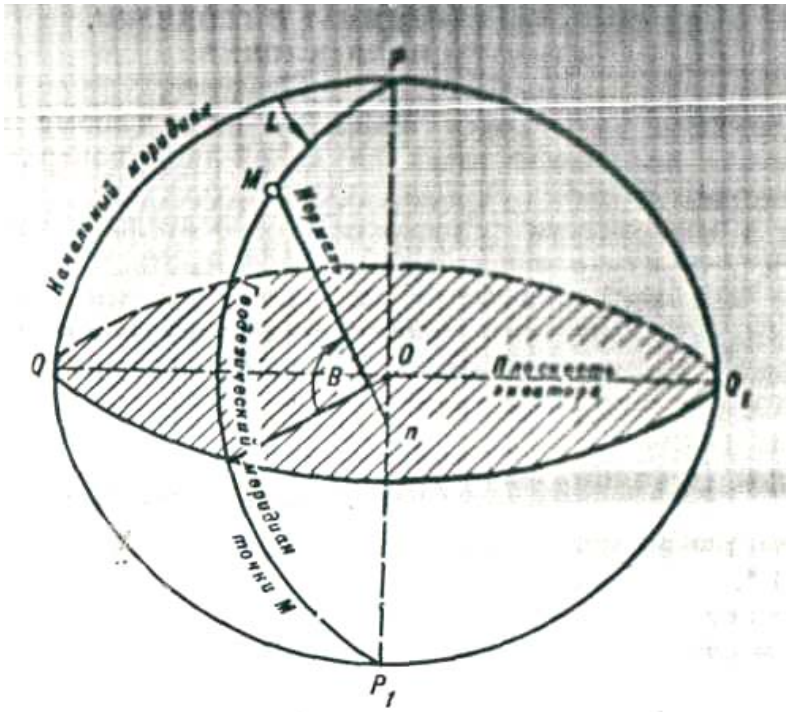


Рисунок 5 – Геодезические координаты точки М

Геодезической долготой точки М (рисунок 5) называется двугранный угол L, образованный плоскостью геодезического меридиана данной точки и плоскостью меридиана, принятого за начальный (нулевой). За начальный принят Гринвичский меридиан, проходящий через английскую обсерваторию в Гринвиче (близ Лондона).

Долготы отсчитываются от начального меридиана к востоку со знаком плюс и западу со знаком минус и соответственно называются восточными и западными. Счет их ведется от 0 до 180°.

Другим видом географических координат являются астрономические координаты (астрономические широта и долгота), определяемые астрономическим методом, т. е. по результатам наблюдаемых небесных светил. Эти координаты относятся к геоиду.

Астрономической широтой φ точки М (рисунок 6) называется угол между направлением отвесной линии Mm в данной точке и плоскостью земного экватора; этот угол равен углу, образуемому осью вращения Земли с плоскостью горизонта данной точки.

Любая плоскость, проходящая через отвесную линию, называется вертикальной плоскостью. Через отвесную линию можно провести бесчис-

ленное множество вертикальных плоскостей. Вертикальная плоскость, параллельная оси вращения Земли, называется плоскостью астрономического (истинного) меридиана данной точки.

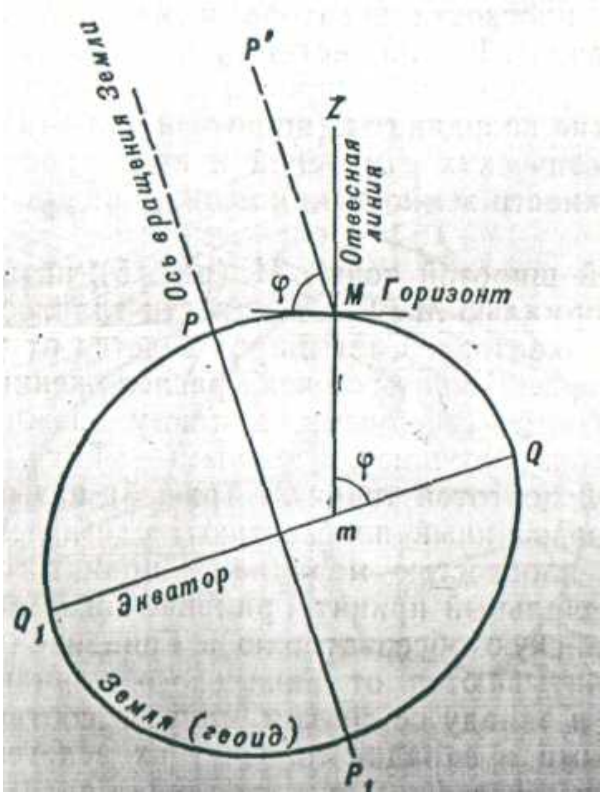


Рисунок 6 – Астрономическая широта точки М

Астрономической долготой λ точки М называется двугранный угол между плоскостью астрономического (истинного) меридиана, проходящего через данную точку, и плоскостью начального (нулевого) меридиана.

Астрономические широта и долгота отсчитываются аналогично геодезическим, но астрономическая долгота выражается, как правило, в часовой мере. В часовой мере окружность делится на 24 части, называемые условно часами (24^h). Каждый час делится на 60 минут, а каждая минута – на 60 секунд.

Следовательно, 1^h соответствует 15°; 1^m – 15'; 1^s – 15".

Итак, астрономические широта φ и долгота λ определяют точку на поверхности геоида, а геодезические широта B и долгота L – на поверхности земного эллипсоида. В астрономической системе координат положение плоскости астрономического меридиана и астрономическая широта точки определяются отвесной линией. Положение же плоскости геодезического меридиана и геодезическая широта точки определяются направлением нормали к поверхности эллипсоида в этой точке. Вследствие неравномерного распределения масс Земли отвесная линия в общем случае не совпадает с нормалью, следовательно, астрономические координаты точки будут отличаться от ее геодезических координат.

Угол *u* (рисунок 7), образованный направлением отвесной линии в точке М земной поверхности с направлением нормали к поверхности эллипсоида, называется уклонением отвесной линии.

В геодезии используется не само значение уклонения отвесной линии, а значения его составляющих на плоскость геодезического меридиана ξ и на плоскость первого вертикала η.

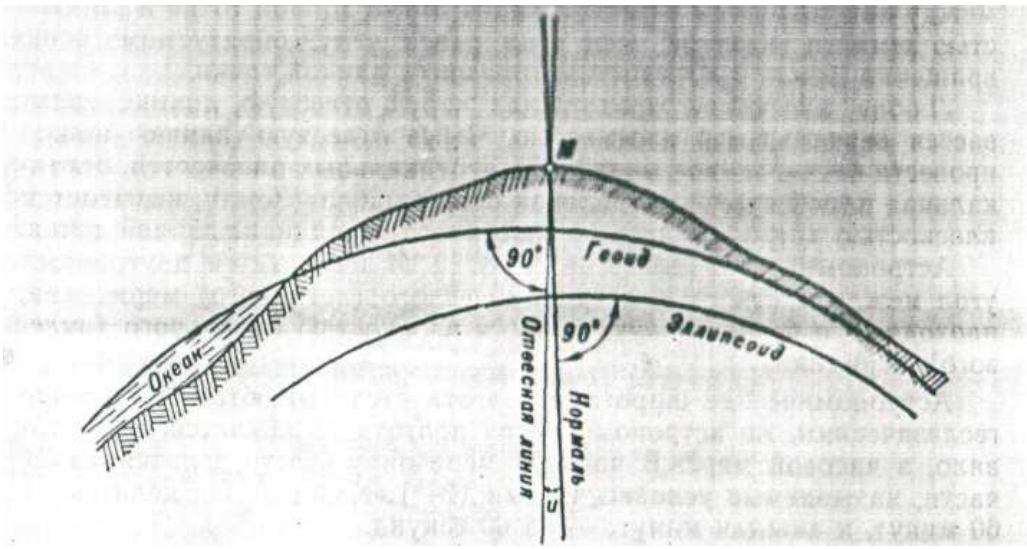


Рисунок 7 – Уклонение отвесной линии в точке М

Зависимость между астрономическими и геодезическими координатами может быть выражена следующими формулами

$$\xi = \varphi - B; \qquad (1)$$

$$\eta = (\lambda - L)\cos\varphi; \qquad (2)$$

где φ, λ – астрономические координаты точки *M*;

B, L – геодезические координаты точки *M*.

Формулы (1) и (2) позволяют осуществить переход от одних координат к другим.

Известно, что расхождения между астрономическими и геодезическими координатами, обусловленные уклонениями отвесных линий, для большей части РФ не превышают 3", но в некоторых, преимущественно в горных районах, районах уклонения отвесной линии достигают 10-20" и даже 40". Такие отклонения наблюдаются на Кавказе, в районе озера Байкал и других местах.

1.2.2 Азимуты направлений

Ориентирование направления на земной поверхности и на поверхности земного эллипсоида производится по азимуту.

Астрономическим азимутом *A* направления *MB* (рисунок 8) называется угол, образованный плоскостью астрономического меридиана точки наблюдения *MP* и вертикальной в этой точке плоскостью, проходящей через данное направление.

Геодезическим азимутом называется угол, образованный плоскостью геодезического меридиана точки наблюдения и нормальной в этой точке плоскостью, проходящей через данное направление.

Азимуты отсчитываются от северного направления меридиана по ходу часовой стрелки от 0 до 360°.

Значения астрономического и геодезического азимутов одного и того же направления, как правило, неодинаковы. Они различаются на величину уклонения отвесной линии в данной точке.

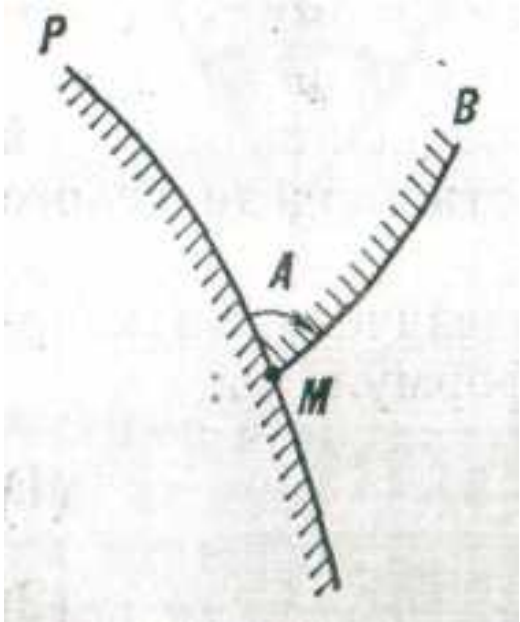


Рисунок 8 – Астрономический азимут

Связь между астрономическим A и геодезическим Ar азимутами направлений на земной поверхности выражается формулой:

$$Ar = A + (L - \lambda) \sin \varphi, \qquad (3)$$

где L – геодезическая долгота;

λ – астрономическая долгота;

φ – астрономическая широта.

Формула (3) позволяет осуществлять переход от астрономического азимута к геодезическому.

1.2.3 Плоские прямоугольные координаты и дирекционный угол

Положение точки на плоскости определяется линейными расстояниями относительно взаимно перпендикулярных линий, называемых осью абсцисс и осью ординат (рисунок 9). При этом в геодезии в отличие от математики наименование координатных осей, нумерация четвертей и счет углов ведутся по ходу часовой стрелки. За положительное направление оси абсцисс OX принимается направление на север, а оси ординат OY – направление на восток.

Важным достоинством системы плоских прямоугольных координат является ее простота, а также возможность использования формул тригонометрии при геодезических вычислениях.

Для обработки результатов геодезических измерений в системе плоских прямоугольных координат необходимо предварительно земную поверхность спроектировать на плоскость. Математический способ изображения земной поверхности на плоскость называется проекцией. В РФ для обработки результатов геодезических измерений используется проекция Гаусса.

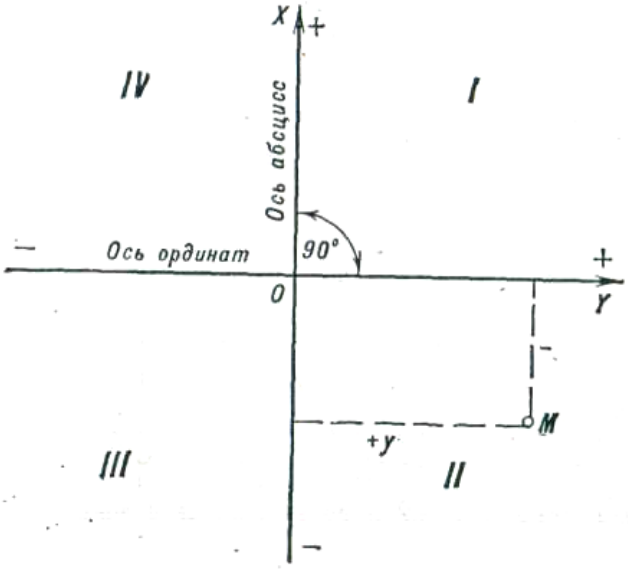
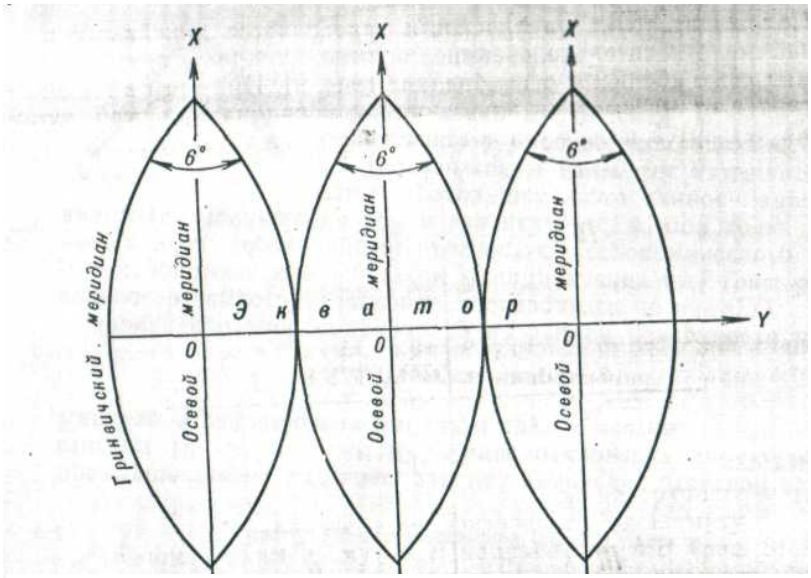


Рисунок 9 – Плоские координаты точки М

В проекции Гаусса земной эллипсоид разбивается на 60 зон меридианами через 6° долготы. Каждая зона изображается на плоскости по единому закону независимо друг от друга (рисунок 10). Средний меридиан зоны является осевым меридианом. Осевой меридиан и экватор изображаются прямыми линиями, остальные меридианы и параллели – кривыми линиями.



1-я зона 2-я зона 3-я зона

Рисунок 10 – Изображение земного шара на плоскости

Осевой меридиан и экватор принимаются за координатные оси, а точка их пересечения – за начало координат данной зоны. Положение каждой точки определяется линейными расстояниями (абсциссами и ординатами).

В северном полушарии абсциссы имеют только положительные значения, а ординаты могут иметь как положительные, так и отрицательные значения в зависимости от положения точки относительно осевого меридиана зоны. Для того чтобы не иметь отрицательных ординат, условно точке О (рисунок 11) каждой зоны присваивают ординату +500 км, т. е. переносят начало координат влево на 500 км.

Чтобы положение любой точки земной поверхности было вполне определенным, перед ординатой ставят номер зоны, в которой находится точка. Так, точка с координатами X = 5748 км и Y = 7634 км находится в 7-й зоне восточнее осевого меридиана на 134 км.

Нумерация зон возрастает с запада на восток. Западным меридианом 1-й зоны является Гринвичский меридиан. Долгота осевого меридиана каждой зоны имеет определенное значение. Так, осевой меридиан 1-й зоны имеет долготу 3°, 2-й зоны 9° и т. д. Долготы осевых меридианов шестиградусных зон можно вычислить по формуле

$$L_0 = 6n - 3, \qquad (4)$$

где n – номер зоны.

Из формулы (4) следует, что $n = \frac{L_0 + 3}{6}$

Вся территория РФ располагается в 29 зонах: от 4-й до 32-й зоны включительно.

Примеры: 1. Точка M_1 располагается в 6-й зоне на расстоянии 153748,4 м к востоку от осевого меридиана. Ее ордината в системе плоских прямоугольных координат условно (500 000+153 748,4) записывается Y_1 = 6 653 748,4 (рисунок 11).

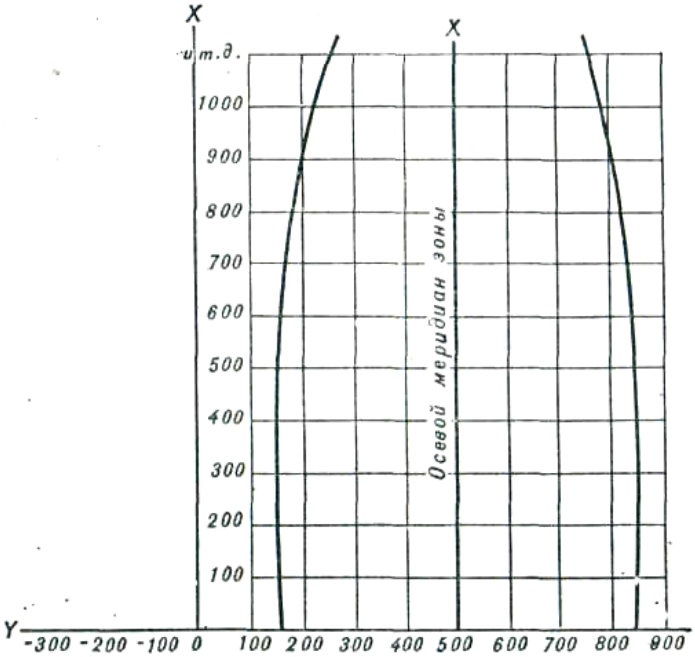


Рисунок 11 – Ордината Y осевого меридиана зоны равна 500 км

2. Точка M_2 располагается в 6-й зоне к западу от осевого меридиана на расстоянии 96 423,5 м. Ее ордината условно (500 000 – 96423,5) записывается Y_2 = 6 403 576,5.

3. При переходе от условной ординаты к ее действительному значению нужно отбросить указанный слева номер зоны и от оставшегося числа вычесть 500 000. Пусть условная ордината точки M_3 равна 5 652 749,3. Это значит, что точка находится в 5-й зоне и ее действительное значение (652 749,3 — 500000) будет равно + 152 749,3, т. е. точка располагается к востоку от осевого меридиана.

Ориентирование направлений в проекции Гаусса осуществляется относительно осевого меридиана зоны (оси абсцисс). Угол между северным направлением осевого меридиана зоны или направлением, параллельным ему, и данным направлением называется дирекционным углом. Дирекционные углы отсчитываются по ходу часовой стрелки от 0 до 360° (рисунок 12).

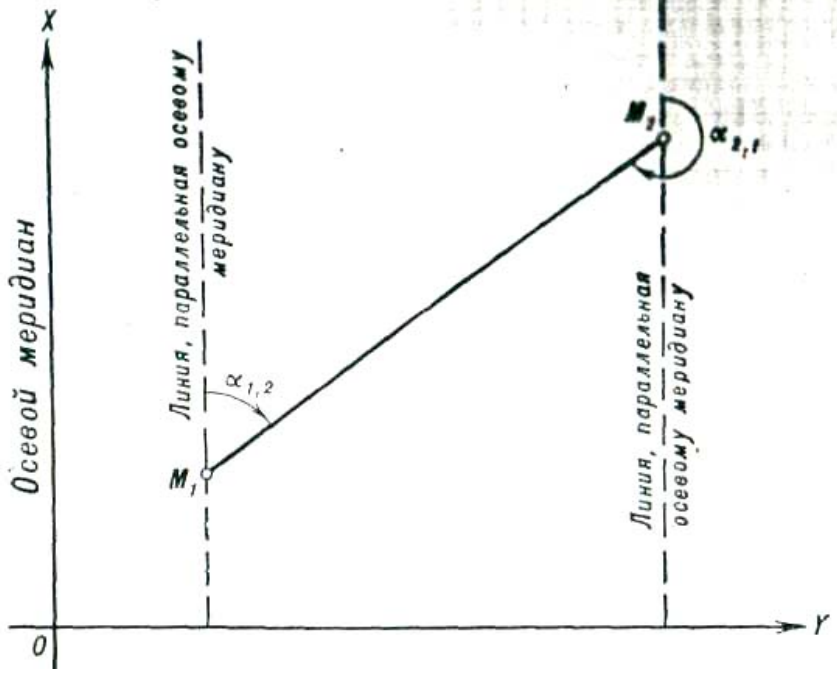


Рисунок 12 – Дирекционный угол линии M_1 M_2 (M_2 M_1)

Значения прямого $\alpha_{1,2}$ и обратного $\alpha_{2,1}$ дирекционных углов одного и того же направления отличаются на 180°.

1.2.4 Связь между дирекционным углом и геодезическим азимутом

Связь между дирекционным углом и геодезическим азимутом направления осуществляется по формуле

$$\alpha = Ar - (\pm\gamma), \qquad (5)$$

где α – дирекционный угол;
Ar – геодезический азимут;
γ – сближение меридианов.

Сближением меридианов на плоскости называется угол, отсчитываемый от изображения на плоскости меридиана данной точки и прямой, параллельной оси абсцисс X (рисунок 13). Сближение меридианов положительно для точек, расположенных к востоку от осевого меридиана, и отрицательно – к западу от осевого меридиана.

Для всех точек, лежащих на осевом меридиане, сближения меридианов равно нулю. Оно увеличивается с удалением точки от осевого меридиана и может быть определено по формуле

$$\gamma'' = l'' \sin B, \qquad (6)$$

где B – широта точки;

$l'' = L - L_0$ – разность долгот данной точки и осевого меридиана.

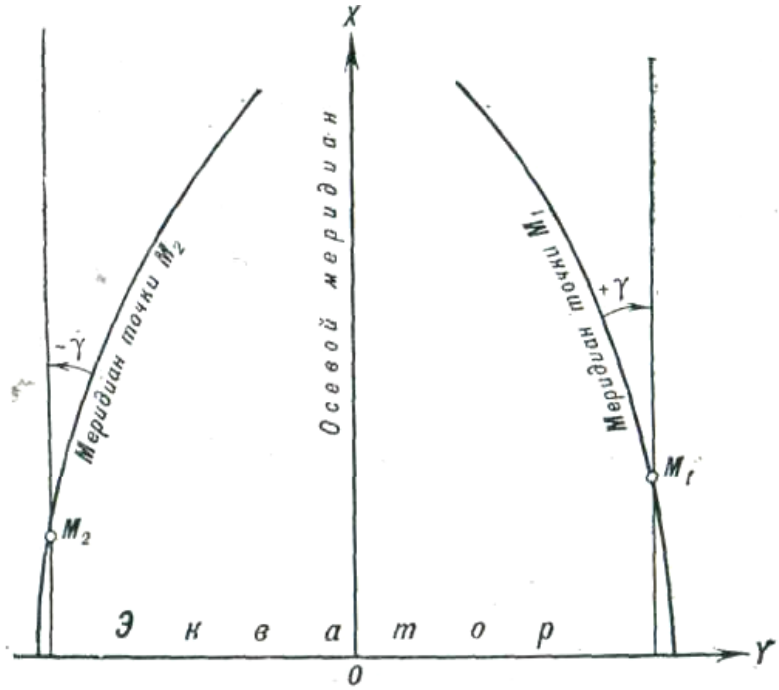


Рисунок 13 – Сближение меридианов

1.2.5 Высоты точек

Для определения положения точки на физической поверхности Земли кроме широты и долготы необходимо знать третью координату – высоту.

Высотой точки называется расстояние по отвесной линии между земной поверхностью и уровенной поверхностью, принятой за исходную.

В РФ высоты точек отсчитываются от среднего многолетнего уровня Балтийского моря (от нуля Кронштадтского футштока[1]). Числовое значение высоты точки называется отметкой.

[1] Футштоком называется рейка с делениями, установленная так, что по ней можно сделать отсчёт, указывающий уровень воды.

Разность отметок двух точек называется превышением и определяется по формуле

$$h = H_B - H_A, \qquad (7)$$

где H_B – высота точки В;

H_A – высота точки А.

Геодезические работы по определению высот точек называются нивелированием. Различают следующие виды нивелирования: геометрическое, тригонометрическое и барометрическое.

При геометрическом нивелировании превышение одной точки над другой определяется с помощью нивелира и двух нивелирных реек, установленных вертикально в этих точках. При тригонометрическом нивелировании превышение одной точки над другой вычисляют по измеренному углу наклона линии визирования с одной точки на другую и горизонтальному расстоянию между точками. При барометрическом нивелировании высоты пунктов определяются по изменению давления воздуха с изменением высоты точек.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. В чем заключается отличие астрономических координат точек от геодезических?

2. Что называется азимутом? Как осуществляется связь между астрономическим и геодезическим азимутами?

3. Что называется плоскими прямоугольными координатами в проекции Гаусса и в чем их сущность?

4. Написать условные значения ординат точек, расположенных соответственно в 7, 9, 12 и 25-й зонах:

– к востоку от осевого меридиана на расстояниях 54 632,4 м и 131 724,6 м;

– к западу от осевого меридиана на расстояниях 67 542.4 м и 5 327,6 м.

5. Найти действительные значения ординат, если условные ординаты точек равны:

Y_1, = 13 691 542,7; Y_3= 9 371 699,6;

Y_2= 7 434 111,6; Y_4, = 11 600 501,9.

6. Вычислить долготу осевых меридианов 4, 8, 17, 29-й зон и определить номер зон, если долгота их осевых меридианов равна 27, 57, 75 и 153°.

7. Что такое дирекционный угол?

8. Что такое сближение меридианов?

9. Что называется высотой точек?

1.3 Система координат 1942 года

Для решения геодезических задач необходимо, во-первых, установить размеры эллипсоида, наиболее приближающиеся к размерам Земли, и, во-вторых, правильно его расположить в теле Земли, или, как принято говорить,

ориентировать эллипсоид. Только в этом случае математически правильная поверхность эллипсоида будет близко подходить к поверхности геоида.

Исторически сложилось так, что в каждой стране координаты точек на земной поверхности вычислялись в определенной системе координат. До 1940 г. в нашей стране координаты точек определялись в нескольких, не связанных между собою системах координат. Так, на Европейской части страны, в Западной Сибири и в Казахстане координаты точек вычислялись в Пулковской системе координат 1932 г.; на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока – в Свободненской системе; в Средней Азии – в Ташкентской системе; на Камчатке – в Петропавловской системе и т. д.

Во всех этих системах использовался эллипсоид Бесселя 1841 г., а его ориентирование в теле Земли осуществлялось по данным одного из пунктов, принятого за начальный в каждой системе координат. Высоты точек также вычислялись от разных уровней (от уровней Балтийского, Черного, Японского, Охотского и Каспийского морей). Все это вызывало определенного рода затруднения в геодезических, картографических и других видах работ.

Решение научной задачи по выводу размеров нового эллипсоида, наилучшим образом подходящего для территории нашей страны, было поручено комиссии под руководством члена-корреспондента Академии наук СССР проф. Ф. Н. Красовского (1878 – 1948 гг.). В 1942 г. работы по выводу размеров нового эллипсоида и обоснованию метода его ориентирования в теле Земли в основном были закончены. На основании этой работы Постановлением Совета Министров СССР от 7.4.46 г. земной эллипсоид Красовского был принят для всех астрономо-геодезических и картографических работ в СССР взамен ранее применявшегося в этих работах земного эллипсоида Бесселя.

В качестве единой проекции для проектирования поверхности эллипсоида на плоскость и вычисления координат пунктов принята проекция Гаусса.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Каковы причины введения Системы координат 1942 г.?
2. Что является исходными данными Системы координат 1942 г.?

1.4 Геодезические, нивелирные и гравиметрические сети

1.4.1 Геодезические сети

Совокупность закрепленных на местности пунктов, взаимное положение которых определено в принятой системе координат, называется геодезической сетью.

Геодезические сети в нашей стране подразделяются на государственную геодезическую сеть и геодезические сети специального назначения.

Государственная геодезическая сеть РФ является главной геодезической основой для составления топографических карт, для развития сетей

специального назначения и служит для решения научных задач геодезии и удовлетворения нужд народного хозяйства и обороны страны.

Государственная геодезическая сеть создается в соответствии с основными положениями о построении государственной геодезической сети СССР 1954 – 1961 гг.

Государственная геодезическая сеть (ГГС) подразделяется на сети 1, 2, 3 и 4 классов, которые различаются между собой точностью измерения углов и расстояний, длинами сторон, а также последовательностью их развития. ГГС создается в основном методами триангуляции и полигонометрии. В триангуляции положение пунктов определяют построением на местности системы смежных треугольников, в которых измеряют все углы, а также длины и азимуты отдельных сторон (базисные стороны).

При определении положения пунктов методом полигонометрии на местности прокладывают ломаные линии, у которых измеряют углы поворота и длины линий.

ГГС 1 класса (рисунок 14) строится в виде полигонов периметром 800 – 1000 км, образуемых звеньями длиной не более 200 км.

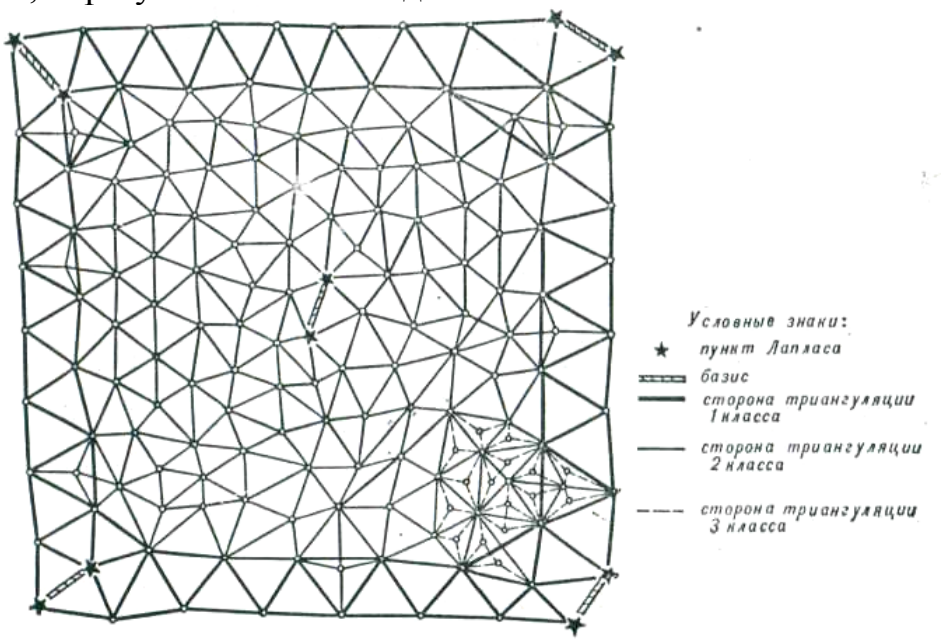


Рисунок 14 – Схема ГГС, развитой методом триангуляции 1, 2, 3, классов

Звенья, как правило, располагаются вдоль меридианов и параллелей. На концах звеньев измеряются базисные стороны и определяются астрономические азимуты и долготы, так называемые пункты Лапласа.

ГГС 2 класса строится в виде сплошных сетей, заполняющих полигоны 1 класса. ГГС 3 и 4 классов строятся в виде вставок жестких систем или отдельных пунктов в сети 1 и 2 классов. Типовые схемы сгущения сетей 3 и 4 классов методом триангуляции показаны на рисунке 15.

Характеристики государственной геодезической сети приведены в таблице 1.

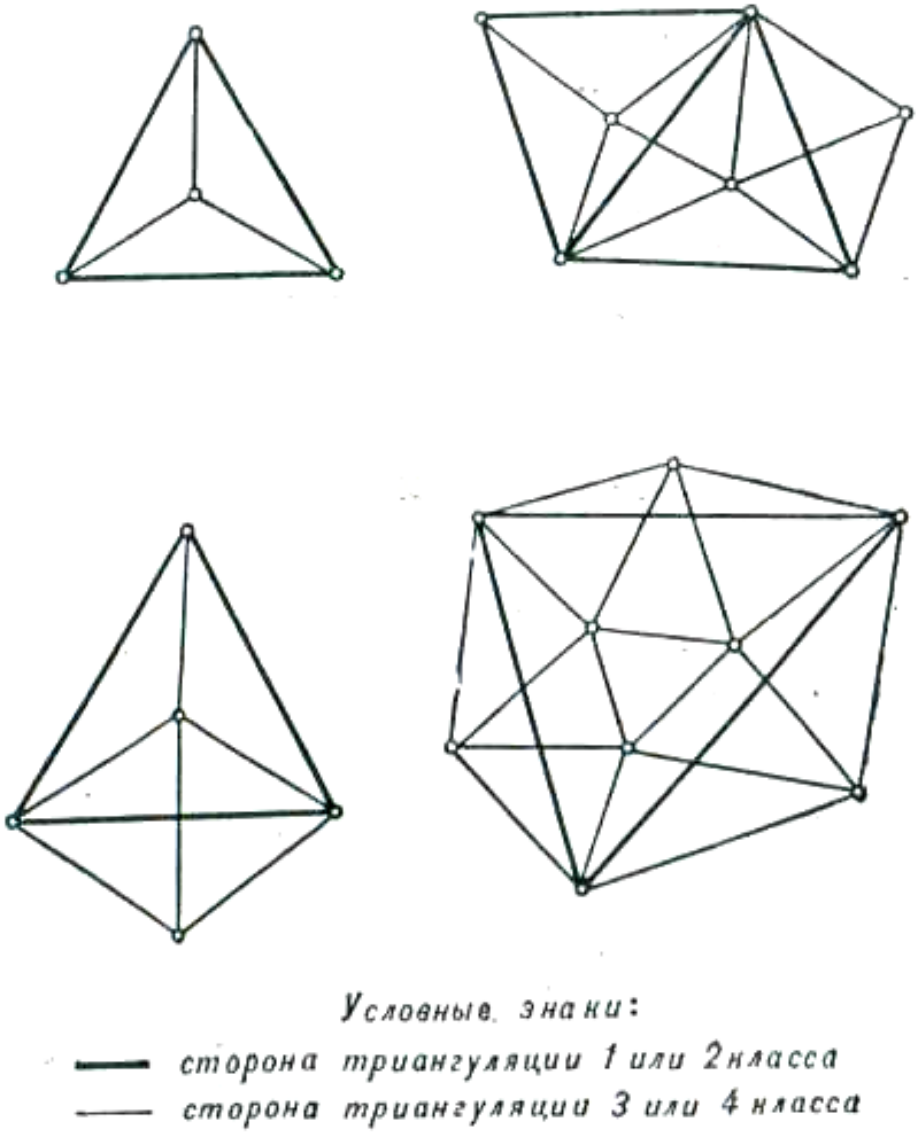


Рисунок 15 – Схема сгущения ГГС 3 и 4 классов методом триангуляци

Таблица 1 – Характеристики государственной геодезической сети

Наименование показателей	Класс ГГС			
	1	2	3	4
Длины сторон	20 – 25 км	7 -20 км	5 – 8 км	2 – 5 км
Наименьшее значение углов треугольников	40°	20°	20°	20°
Средняя квадратическая ошибка измерения угла (по невязкам треугольников или замкнутых фигур)	± 0",7	± 1",0	± 1",5	± 2",0

Значения координат и высот пунктов ГГС, их названия, типы центров и высоты геодезических (наружных) знаков, а также значения дирекционных углов направлений между пунктами указываются в каталогах координат геодезических пунктов. Образец каталога приведен в таблице 2.

Геодезические сети специального назначения развиваются в соответствии с требованиями соответствующих руководств.

Таблица 2 – Образец каталога геодезических пунктов

№ по Каталогу	Название пункта, тип знака, высота знака, тип центра, номер работы (в скобках)	Класс	Координаты, м X M Y	Высота над уровнем моря, м	Дирекционные углы град., мин., сек		Длины сторон и расстояния до ориентирных пунктов, м
					величина	на пункт	
3 1	Петрики, пир. 6,6 м Центр 1 (1)	3	5 018420,4 7 410380,2	180,7	$10^{o}41'$ 23",4 172 21 48,1 180 10 47 300 30 16	Петровка, пир. Холм, пир. Ориен. п. 1 Ориен. п. 2	4000,11 3642,43 601 597

1.4.2 Нивелирные сети

Нивелирной сетью называется совокупность закрепленных на местности нивелирных пунктов, абсолютные высоты которых определены в Балтийской системе высот.

Государственная нивелирная сеть России является высотной основой для топографических съемок и геодезических измерений, проводимых для удовлетворения потребностей народного хозяйства и обороны страны, и создается методом геометрического нивелирования. Она разделяется на нивелирные сети I, II, III и IV классов.

Нивелирные сети I и II классов являются главной высотной основой, посредством которой устанавливается единая система высот на всей территории России. Нивелирные сети III и IV классов служат для обеспечения топографических съемок и решения инженерных задач.

Нивелирная сеть I класса строится по отдельным линиям (например, Санкт-Петербург – Москва; Вологда – Екатеринбург – Иркутск – Хабаровск – Владивосток и т. д.).

Нивелирная сеть II класса опирается на пункты I класса и состоит из отдельных линий, которые образуют полигоны периметром 500 – 600 км.

Линии полигонов II класса прокладываются, как правило, вдоль железных и шоссейных дорог.

Нивелирная сеть III класса строится внутри полигонов II класса и прокладывается как отдельными линиями, так и системами ходов. Нивелирование III класса по каждой линии выполняется в прямом и обратном направлениях.

Нивелирная сеть IV класса опирается на пункты высших классов и прокладывается в виде отдельных ходов, нивелирование по которым выполняется в одном направлении.

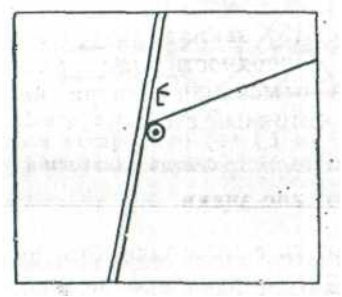
Значения высот пунктов нивелирной сети, их названия, типы центров и описание местоположения указываются в каталогах.

1.4.3 Гравиметрические сети

Гравиметрической сетью называется система закрепленных на местности точек, в которых определено значение силы тяжести[1]

Гравиметрическая сеть по точности определения подразделяется на классы. В отдельных случаях гравиметрическая сеть сгущается дополнительными гравиметрическими пунктами. Значения ускорения силы тяжести, класс и другие необходимые данные указываются в каталогах гравиметрических пунктов. Образец каталога приведён в таблице 3.

Таблица 3 – Фрагмент из каталога гравиметрических пунктов

№ по каталогу	Номер, название пункта, номер работы (в скобках)	Класс	Координаты X } км Y и высота H, м	Ускорение силы тяжести g и ср. кв. ошибка M_g, мгл
10	Бугры (7) в Калиновку  В Котов	3	5726,0 11354,0 343,0	981087,5±0,3
			Пункт находится в 600 м севернее Котова на пересечении дорог, у дорожного указателя	

[1] Силой тяжести называется равнодействующая двух сил: силы притяжения Земли и центробежной силы суточного вращения Земли. Сила тяжести характеризуется величиной ускорения, которое она сообщает свободно падающему телу.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Рассказать о назначении государственных геодезических сетей 1, 2, 3 и 4 классов, принципах их построения.
2. Рассказать о принципе построения нивелирных сетей.
3. Что называется силой тяжести?

1.5 Центры и знаки геодезической, нивелирной и гравиметрической сетей

Каждый пункт государственной геодезической сети имеет центр и геодезический знак.

Центр служит для закрепления на местности пункта на длительное время и для обозначения точки, относительно которой определяются и указываются в каталогах координаты и высоты, а также дирекционные углы направлений.

Геодезический знак служит объектом визирования при наблюдении с соседних пунктов и для установки приборов при измерениях. Знак, как правило, имеет визирную цель, столик для установки приборов и площадку для наблюдателя.

1.5.1 Центры

Верхние слои пород, в которые закладываются центры, под воздействием различных природных процессов (изменение температуры и влажности, промерзание и оттаивание грунтов, колебание уровня грунтовых вод и др.) подвергаются деформациям и смещениям. Поэтому центры пунктов имеют различные конструкции. В настоящее время применяются следующие основные типы центров.

Центр типа 1 (рисунок 16) закладывается на пунктах ГГС в районах неглубокого промерзания грунта (до 1,5 м). Центр типа 2 (рисунок 17) закладывается в районах глубокого промерзания грунта (свыше 1,5 м). Центр типа 4 (рисунок 18) закладывается в районах, где скальные породы выходят на поверхность или залегают на глубине до 0,6 м. Для облегчения отыскания центра на пункте устанавливается опознавательный бетонный столб.

1.5.2 Геодезические знаки

Для обеспечения прямой видимости с геодезического пункта на смежные с ним пункты строят геодезические знаки, которые бывают трех основных видов: пирамиды, простые сигналы и сложные сигналы.

Простые пирамиды (рисунок 19), возводятся в тех случаях, когда наружный знак служит только визирной целью, а все наблюдения на пункте проводятся с земли при установке прибора на штативе непосредственно над центром. Высота простых пирамид обычно не превышает 10 м. В отдельных случаях для установки приборов при измерении углов строятся постоянные штативы высотой 2 – 3 м (как правило, на пунктах 1 – 2 классов).

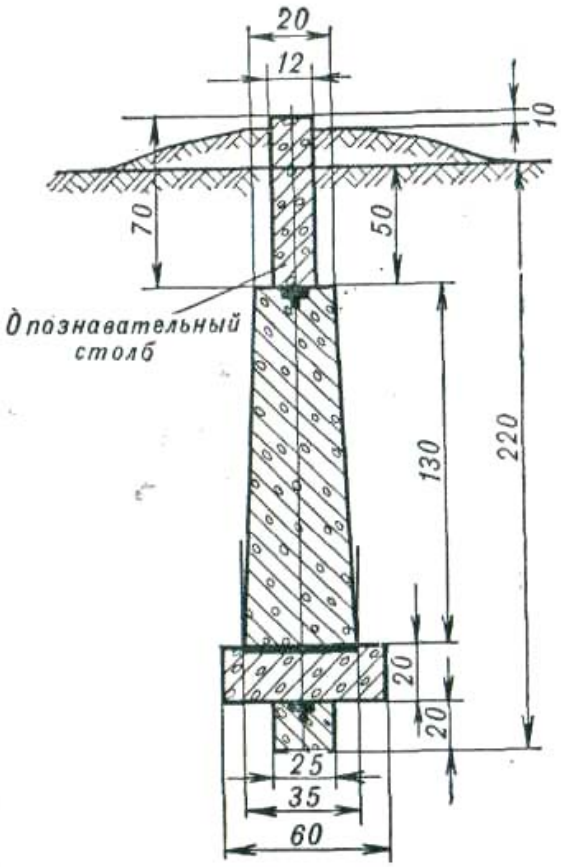


Рисунок 16 - Центр пункта ГГС (тип 1) для районов неглубокого (до 1,5 м) промерзания грунта

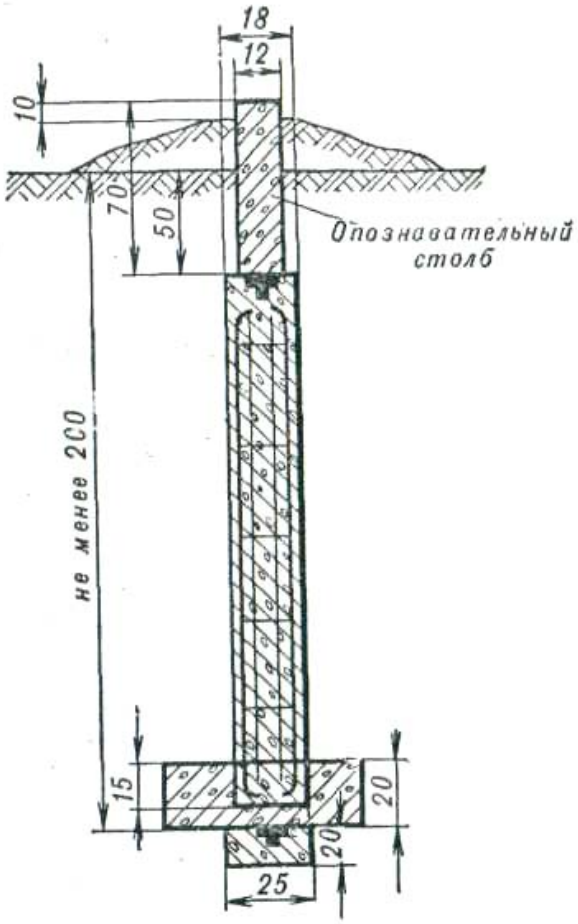


Рисунок 17 – Центр пункта ГГС (тип 2) для районов глубокого (свыше 1,5 м) промерзания грунта

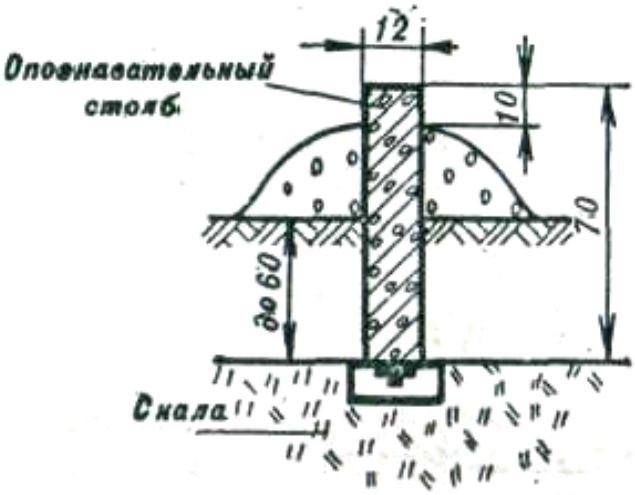


Рисунок 18 – Центр пункта ГГС для скальных грунтов (тип 4)

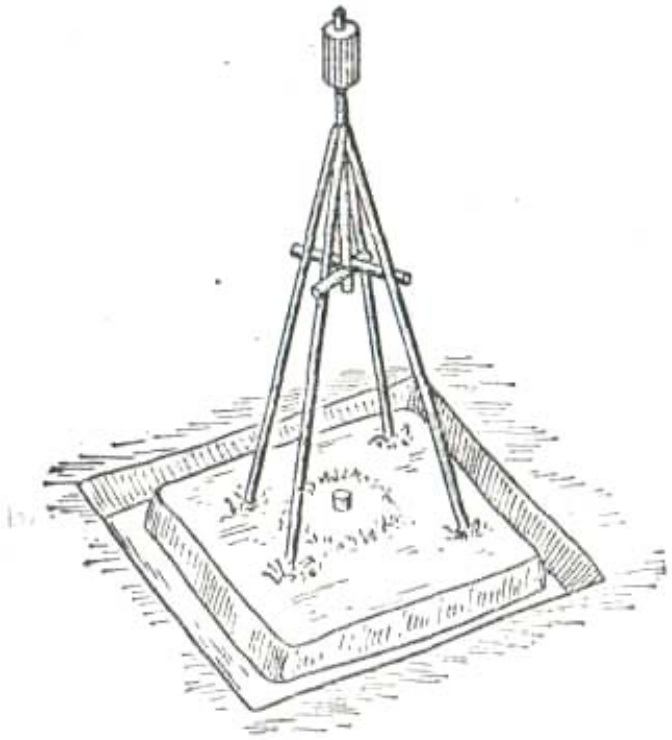


Рисунок 19 – Пирамида

Простые сигналы (рисунок 20) возводятся в тех случаях, когда инструмент для проведения наблюдения необходимо поднять на высоту 4 – 10 м. Простой сигнал состоит из двух изолированных пирамид (внутренней и наружной). Внутренняя пирамида имеет столик для установки приборов. Наружная усеченная, четырехгранная пирамида имеет площадку для наблюдателя и визирный цилиндр. Основные столбы как внутренней, так и наружной пирамид для обеспечения жесткости скрепляются двумя-тремя ярусами венцов и крестовин.

Сложные сигналы возводятся в тех случаях, когда инструмент для проведения наблюдения необходимо поднять на высоту свыше 10 м. Сложные сигналы бывают трехгранные (рисунок 21), и четырехгранные (рисунок 22).

Сложные сигналы представляют собой единую конструкцию, в которой внутренняя пирамида опирается не на землю, а на основные столбы самого сигнала. В этом их основное отличие от простых сигналов.

Конструкция геодезических знаков и основные размеры деталей и узлов приведены в руководстве по постройке геодезических знаков. В зависимости от физико-географических условий и наличия средств механизации постройка сигнала может выполняться как: подъемом отдельных ферм, так и подъемом сигнала в собранном виде.

В последние годы для крепления граней сигнала кроме крестовидной решетки (рисунок 23) стала применяться ромбическая (рисунок 24).

При развитии ГГС 2, 3 и 4 классов и геодезических сетей специального назначения в настоящее время используется металлический сборно-разборный геодезический знак типа «Вышка», изготовляемый из металлических труб. Знаки на период производства измерений устанавливаются на постоянные фундаменты в виде железобетонных свай, забитых в землю. После окончания работ знаки разбираются и перевозятся на другой пункт.

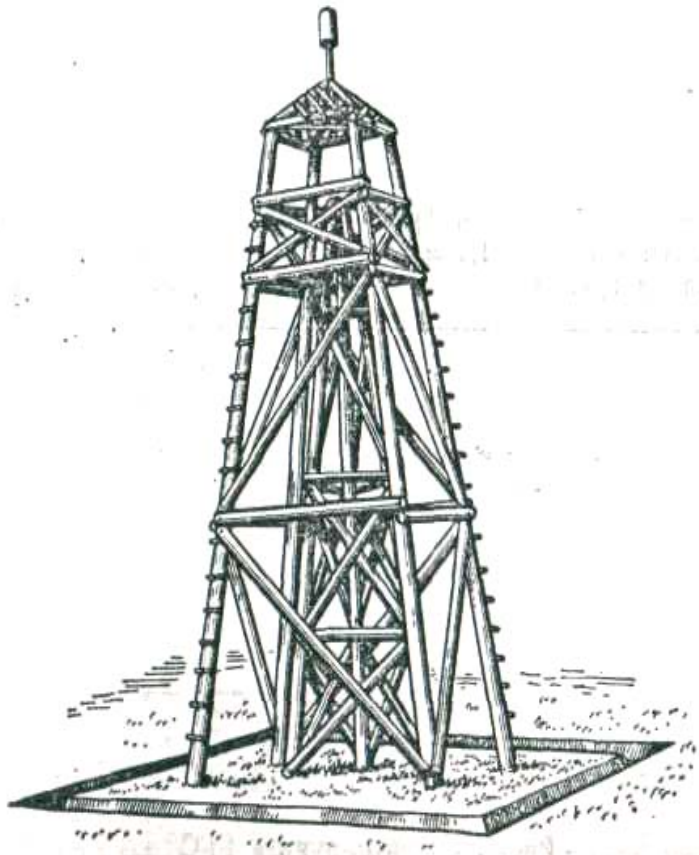


Рисунок 20 – Простой сигнал

Для ориентирования при выполнении работ в условиях ограниченной видимости на каждом пункте ГГС устанавливаются два ориентирных пункта, удаленных от центра пункта на 500 – 1000. м (в лесу не ближе 250 м) и закрепленных специальными центрами.

Центр ориентирного пункта представляет собой бетонный монолит в виде усеченной четырехгранной пирамиды (рисунок 25). В верхнюю грань монолита закладывается марка (рисунок 26), закрываемая бетонной крышкой. Над центром ориентирного пункта устанавливается опознавательный столб. Землю вокруг опознавательного монолита тщательно утрамбовывают и насыпают небольшой курган. Пункт окапывается кольцеобразной канавой.

Пункты нивелирных сетей закрепляются нивелирными знаками, которые могут быть как постоянными, так и временными. К постоянным знакам относятся фундаментальные реперы и рядовые знаки – грунтовые реперы, марки и стенные реперы. Временными знаками могут служить деревянные столбы с якорями, врытые в землю, а также местные предметы.

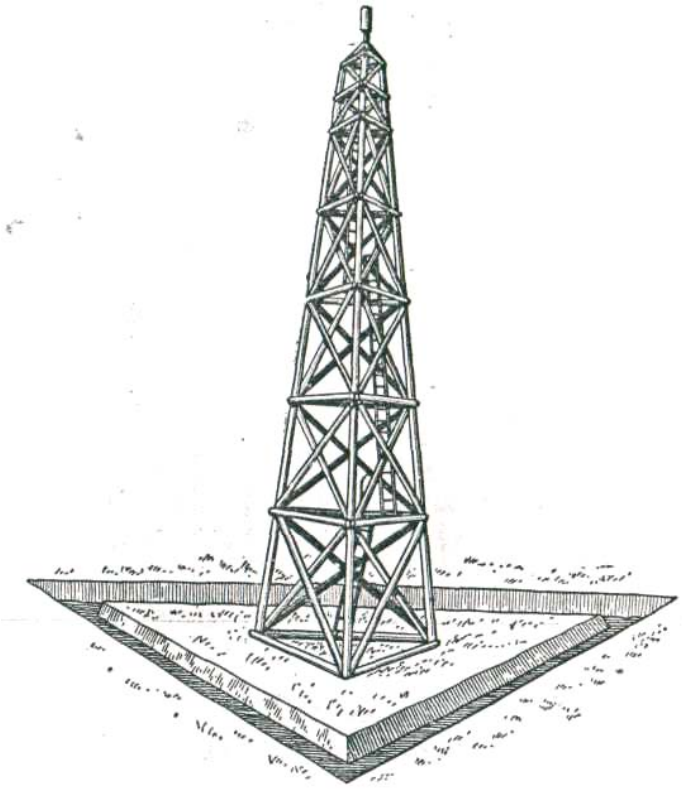


Рисунок 21 – Сложный сигнал (трёхгранный)

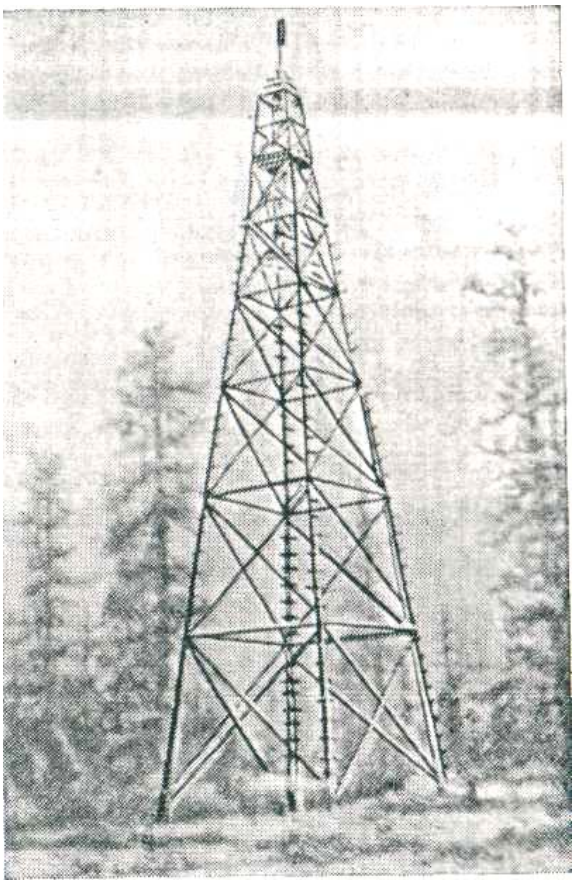


Рисунок 22 – Сложный сигнал (четырёхгранный)

Гравиметрические пункты, как и пункты геодезической и нивелирной сетей, должны быть надежно закреплены на местности. Для этого их совмещают с геодезическими пунктами или располагают у стен долговременных сооружений (капитальные здания, водонапорные башни и т. д.). Для отыскания пункта на стене здания прикрепляется специальная металлическая трафаретка, а в каталоге дается описание местоположения пункта.

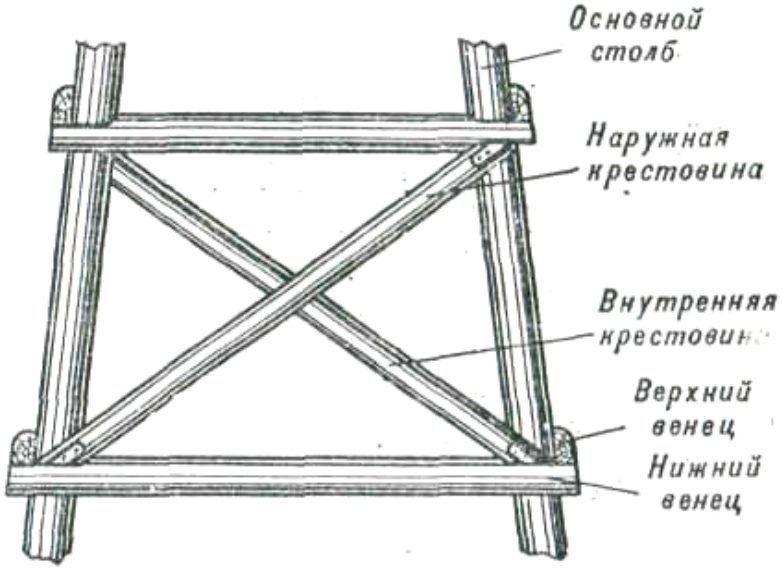


Рисунок 23 – Крестовидная решётка

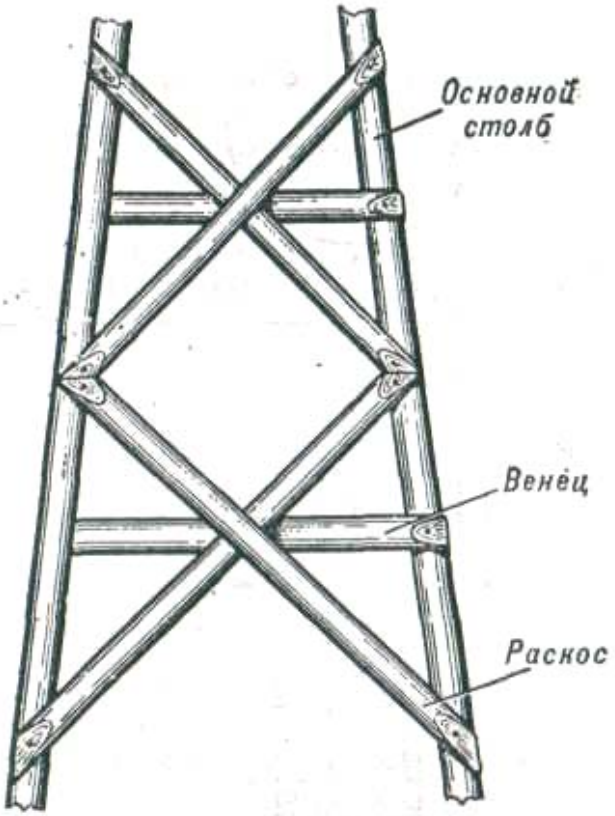


Рисунок 24 – Ромбическая решётка

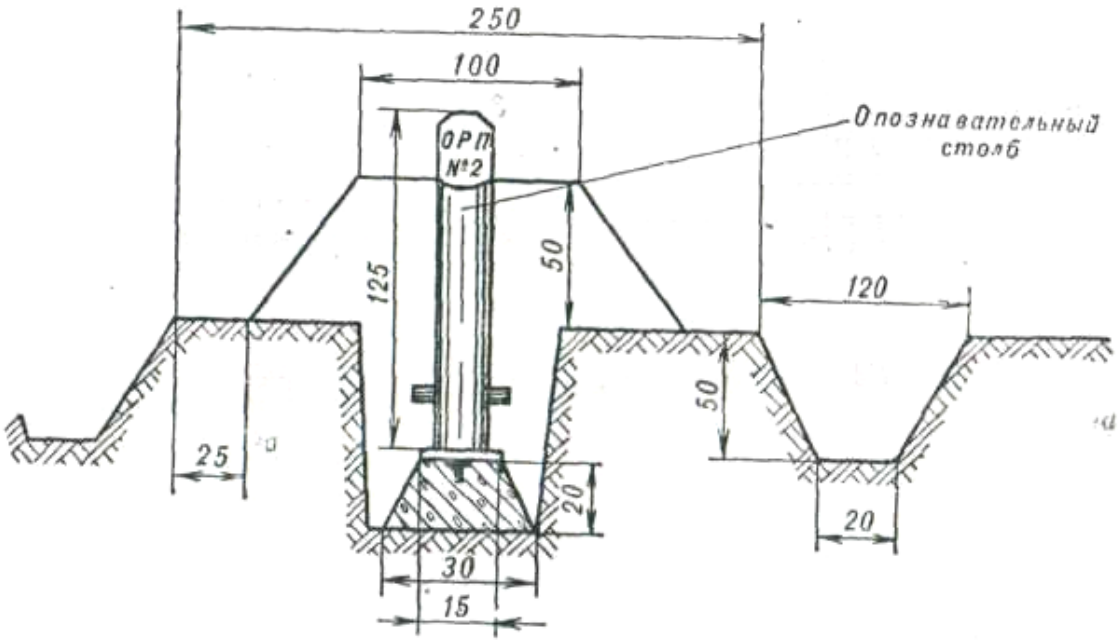


Рисунок 25 – Ориентирный пункт

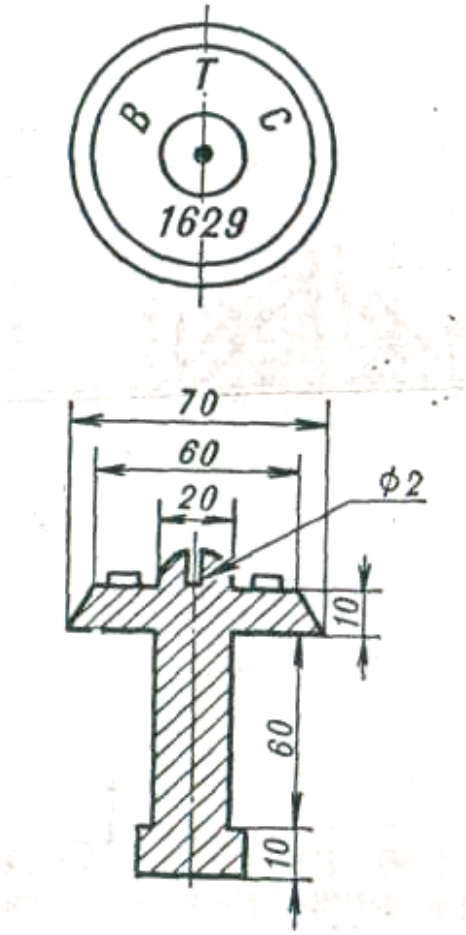


Рисунок 26 – Марка

1.5.3 Постройка простой пирамиды

Геодезический знак на пункте ГГС должен быть прочным, устойчивым и жестким, а также обеспечивать полную безопасность подъема на него. Выполнение этих требований достигается хорошим качеством материала, используемого для постройки, правильным расчетом знака, высоким качеством строительных работ, предохранением деревянных деталей, особенно находящихся в земле, от загнивания и т. п.

Возведение геодезического знака и закладка центра проводятся в такой последовательности:

– готовится строительная площадка и проводится разбивка мест установки основных столбов;

– отрываются ямы для основных столбов и заготавливаются определенных размеров элементы знака;

– заготовленные элементы собираются в единую конструкцию;

– осуществляются подъем знака и надежное закрепление основных столбов в земле;

– заготавливаются монолиты центра и отрывается яма для него;

– закладывается центр знака;

– производится окопка знака и закладываются ориентирные пункты.

При разбивке положения основных столбов простой пирамиды особое внимание обращается на то, чтобы они не находились в створе направлений на соседние пункты и не мешали наблюдению этих пунктов. Для этого, зная направления на соседние пункты, с помощью компаса в первую очередь выносят и разбивают диагонали пирамиды.

При сборке диагональной рамы на расстоянии 1 м от верхнего конца бревна, выбранного для болванки, делают с четырех сторон запилы глубиной 2 – 3 см, которые потом затесывают для упора основных столбов. После этого болванку закрепляют на земле колышками и к ней подгоняют два противоположных столба, которые у готовой пирамиды будут располагаться по диагонали. Для подгонки второй пары основных столбов болванку поворачивают вокруг оси на четверть оборота. Вершины двух противоположных столбов после подгонки прибивают гвоздями к болванке. Основные столбы и болванка скрепляются диагональными связями.

Изготовленную диагональную раму пирамиды поднимают вручную и закрепляют двумя оттяжками. После установки рамы проверяют с помощью теодолита вертикальность болванки, засыпают ямы и тщательно утрамбовывают их землей. Затем поднимают два других столба, которые прибивают к болванке и скрепляют диагональными связями.

Трехгранная пирамида полностью собирается на земле, а затем устанавливается над центром пункта.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Как закрепляются на местности пункты ГГС?
2. Перечислить основные типы центров.
3. Перечислить основные типы геодезических знаков.
4. Для чего служат ориентирные пункты?
5. Какие требования предъявляются к геодезическим знакам?

2 Правила вычислений, ошибки измерений

2.1 Основные правила вычислений

2.1.1 Общие правила вычислений

При выполнении геодезических работ от 30 до 50 % общего времени затрачивается на обработку полевых измерений и проведение различного вида вычислений, необходимых для получения окончательных результатов. Поэтому успех работы во многом определяется четкой организацией вычислительных работ, соблюдением установленной последовательности и строгим выполнением общих правил, вычислений, сущность которых заключается в следующем.

До начала вычислений необходимо подготовить вычислительные средства, отобрать журналы полевых измерений, материалы, содержащие исходные геодезические данные, таблицы, подготовить чернила, ручки, линейки и т. д.

Вычисления выполняют только в специальных книгах (бланках и тетрадях), полистно пронумерованных и учтенных установленным порядком. Использовать черновики даже для вычислений отдельных результатов запрещается. Запись чисел должна производиться в определенном порядке в соответствии с вычислительными схемами.

Буквы и цифры пишут четко, «вычислительным» почерком, образец которого дан на рисунке 27. Числа пишут так, чтобы цифры одного числа приходились под соответствующими цифрами другого числа. В числах, состоящих из многих цифр, делают интервалы, разделяющие разряды, например 4 378 123. Целую часть числа отделяют от дробной точкой или запятой, например 0, 685 457.

Выписанные в книгу (бланк) вычислений исходные данные и результаты полевых измерений до начала вычислений считывают. Вычисления сопровождаются пояснениями и схемами, в которых указываются названия этапов вычислений, откуда выписаны исходные данные и измеренные величины, кто и когда производил вычисления. Конечные результаты вычислений выписывают чернилами другого цвета и подчеркивают.

Все вычисления выполняются двумя исполнителями (в «две руки») и производятся по возможности по разным формулам и таблицам. Всякая замеченная ошибка при вычислениях исправляется немедленно. Ошибочные результаты или ошибочно записанные числа в материалах вычислений соскабливают и на этом месте пишут правильные данные. По схемам полевых работ, топографическим картам и другим документам проверяют, нет ли грубых промахов в вычислениях (километры, градусы и т. п.). Результаты вычислений считываются исполнителями и заверяются подписями.

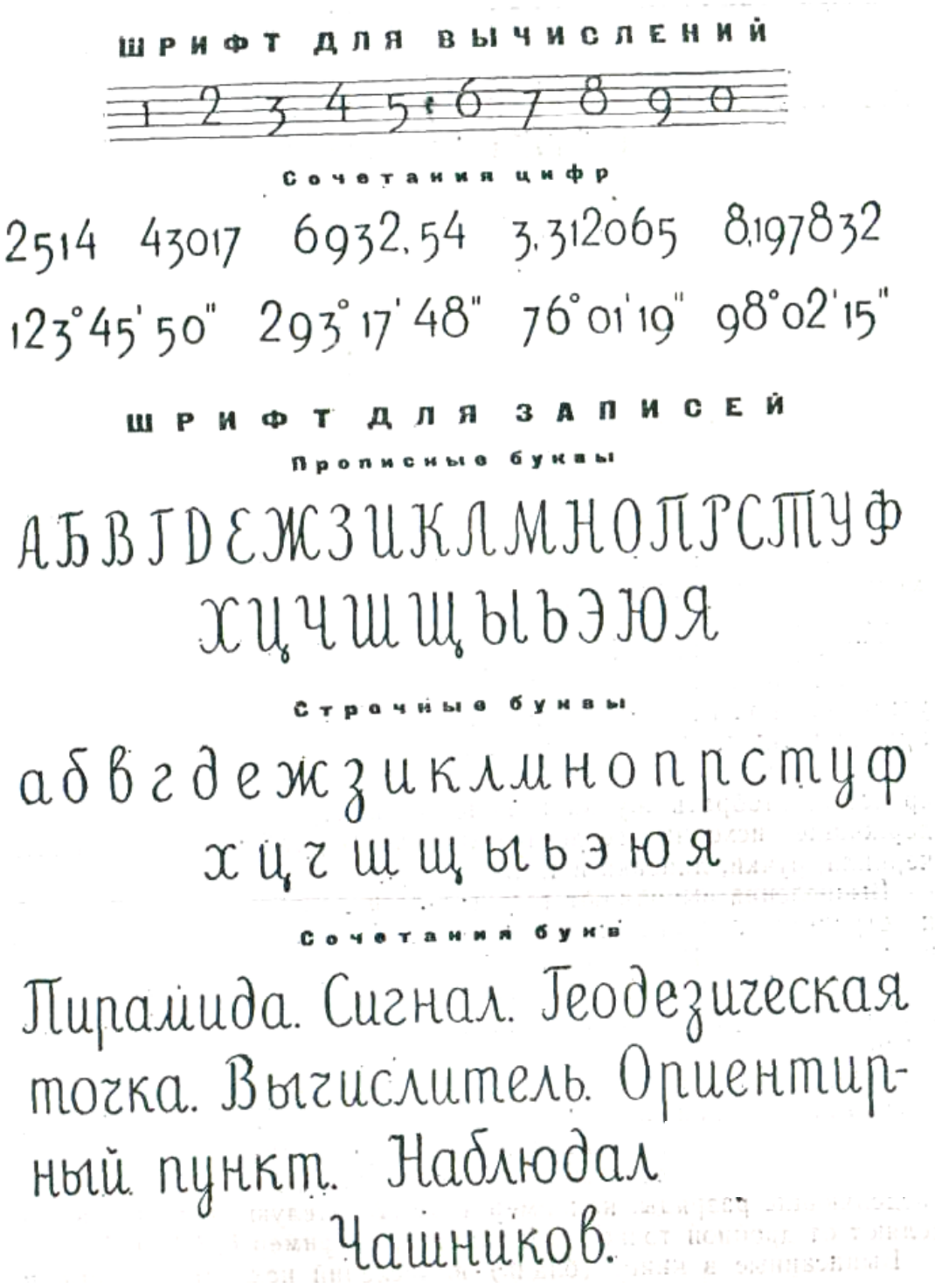


Рисунок 27 – Образец вычислительного шрифта

При геодезических вычислениях приходится иметь дело с числами, представляющими значение тех или иных величин приближенно, с различной степенью точности, т. е. с числами, имеющими различное количество десятичных знаков. Поэтому важно знать основные правила действий с приближенными числами. Это необходимо для того, чтобы не усложнять вычисления большим количеством десятичных знаков и в то же время не снизить точность окончательного результата за счет неправильного округления чисел.

2.1.2 Правила округления чисел

Все числовые значения (числа), полученные в результате различного рода измерений (в том числе и геодезических), являются приближенными. Это объясняется тем, что измерительные приборы не являются абсолютно точными, а также тем, что на результаты измерений существенное влияние оказывают внешние условия, в которых проводятся измерения.

Опускание (отбрасывание) излишних цифр младших разрядов называется округлением чисел, а разность между округленным и неокругленным числами называется ошибкой округления.

При геодезических вычислениях числа округляют по правилу, предложенному Гауссом. Это правило состоит в следующем:

– если отбрасываемый остаток числа менее 0,5 единицы предыдущего разряда, оставшиеся цифры не изменяют.

Пример. Если принять число π равным 3,141 593, то оно, округленное до.пяти знаков после запятой, будет равно 3,141 59;

– если отбрасываемый остаток числа более 0,5 единицы предыдущего разряда, последнюю оставшуюся цифру увеличивают на единицу.

Пример. Число π, округленное до четырех знаков после запятой, будет равно 3,1416;

– если отбрасываемый остаток числа равен 0,5 единицы предыдущего разряда, число округляют в сторону четного.

Пример. Число 1,35 так же, как и число 1,45, округляется до 1,4.

Применение правила Гаусса при округлении позволяет:

– легко установить максимально возможную ошибку округления любого числа (она никогда не будет превышать 0,5 единицы последнего знака);

– значительно ослабить влияние ошибок округления на точность окончательного результата при действии с приближенными числами за счет компенсации ошибок округления, имеющих различные знаки – «плюс» и «минус».

2.1.3 Правила действий с приближенными числами

При действиях с приближенными числами в каждом числе необходимо различать десятичные знаки, значащие цифры и верные цифры. Десятичными знаками называются все цифры, стоящие после запятой. Значащими цифрами называются все цифры числа, кроме нулей слева и нулей справа, которые в последнем случае заменяют неизвестные цифры. Верными называются цифры, доверие к которым не вызывает сомнения, а также цифры, ошибка округления которых не превышает 0,5 единицы последнего знака.

Примеры:

1. При измерении длины линии землемерной лентой получен результат 71,32 м. В этом числе два десятичных знака, четыре значащие цифры и только три верные цифры, так как на мерной ленте нет шкалы сантиметров, поэтому отсчеты, снятые глазомерно, имеют малую степень доверия.

2. В равенстве 1 км = 1000 м число 1000 имеет четыре значащие цифры, так как нули не заменяют собой неизвестные цифры, а являются верными цифрами.

Более точными числами считают те, в которых содержится большее количество десятичных знаков. Как правило, такими числами являются значения тригонометрических функций и другие табличные значения.

Менее точными числами считают те, в которых содержится меньшее количество десятичных знаков. Как правило, такими числами являются результаты различного рода измерений.

Действия с приближенными числами выполняют с соблюдением определенных правил.

Правило 1. При сложении приближенные числа округляют так, чтобы в них оставалось на один десятичный знак больше, чем в наиболее грубом слагаемом. Полученную сумму округляют до количества десятичных знаков наиболее грубого слагаемого.

Пример. Найти сумму чисел +1,2; -2,35; +3,454; +4,5543.

Решение. +1,2-2,35 + 3,45 + 4,55= +6,85= +6,8.

Правило 2. При вычитании не следует производить округление приближенных чисел, так как может произойти потеря точности окончательного результата (особенно в случае, когда уменьшаемое и вычитаемое – числа, близкие по абсолютной величине).

Пример. 47,104 - 47,1=0,004. Если уменьшаемое округлить, отбросив последний десятичный знак, то в результате разность будет равна нулю (47,10 - 47,1 = 0), что может внести ошибку в окончательный результат вычислений.

Правило 3. При умножении и делении приближенные числа округляют так, чтобы в них оставалось на одну значащую цифру больше, чем их имеется в числе с наименьшим количеством значащих цифр. Полученный результат округляют до числа, имеющего столько значащих цифр, сколько их имелось в числе с наименьшим количеством значащих цифр.

Примеры:

1. Найти произведение 12,2×73,564.

Решение. 12,2×73,56 = 897,5 = 898.

2. Найти частное от деления 25,713 : 3,6.

Решение. 25,7 : 3,6 = 7,14 = 7,1.

Правило 4. При умножении приближенного числа на точное число K ошибка произведения увеличивается в K раз, т. е. умножение понижает точность окончательного результата.

Пример. Приближенное число 1,2 имеет ошибку, равную половине последнего знака: ± 0,05. При умножении на точное число K = 5 получим 1,2×5 = 6,0. Если считать, что число 1,2 получилось в результате округления чисел 1,25 или 1,15, то получим 1,25×5 = 6,25 или 1,15×5 = 5,75, т. е. возможная ошибка конечного результата составит ±0,25.

Правило 5. При делении приближенного числа на точное число *К* ошибка частного уменьшается в *К* раз, т: е. деление повышает точность окончательного результата.

Пример. 1,2 : 5 = 0,24. В тоже время 1,25 : 5=0,25 и 1,15 : 5 = 0,23, т. е. возможная ошибка результата составит всего ±0,01.

Правило 6. Следует избегать деления чисел на приближенное число с малым количеством значащих цифр, так как точность результата в этом случае снижается.

Пример. 5286 : 0,25 = 21144, однако по правилу 3 можно записать только 21000.

Правило 7. При возведении приближенного числа в степень в окончательном результате сохраняют столько значащих цифр, сколько имелось их в самом приближенном числе.

Пример. $9{,}86^2 = 97{,}2$.

Правило 8. При извлечении корня из приближенного числа в окончательном результате сохраняют столько значащих цифр, сколько имелось их в самом приближенном числе.

Пример. $\sqrt{12{,}34} = 3{,}513$.

Правило 9. При вычислениях с большим количеством операций (действий) во всех промежуточных результатах сохраняют на одну цифру больше, чем указано в предыдущих правилах. Это позволяет повысить, точность 'окончательного результата. Окончательный результат округляют согласно указанным правилам.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Какие числа называются округленными? Рассказать на примерах о правиле Гаусса по округлению приближенных чисел.

2. Какие цифры в приближенном числе называются десятичными знаками, значащими цифрами и верными цифрами? Привести пример. Какие числа являются более точными и менее точными?

3. Перечислить основные правила действий с приближенными числами.

4. Решить примеры:

а) 12,356 + 17,4 + 0,95 + 141,03;
15,493 - 14,03;

б) 16,392×21,3;
53,248 : 7,4;

в) $12{,}3^2$; $\sqrt{56{,}17}$;

г) (88,213×214,3) : (0,95×73,623).

2.2 Сведения о тригонометрических функциях

2.2.1 Тригонометрические функции острого угла

Тригонометрическими функциями острого угла называются числовые значения взаимного отношения любых двух сторон прямоугольного треугольника. В зависимости от того, отношения каких сторон прямоугольного треугольника рассматриваются (рисунок 28) тригонометрические функции носят названия: синус (Sin), косинус (Cos), тангенс (tg), котангенс (ctg), секанс (sec), косеканс (cosec).

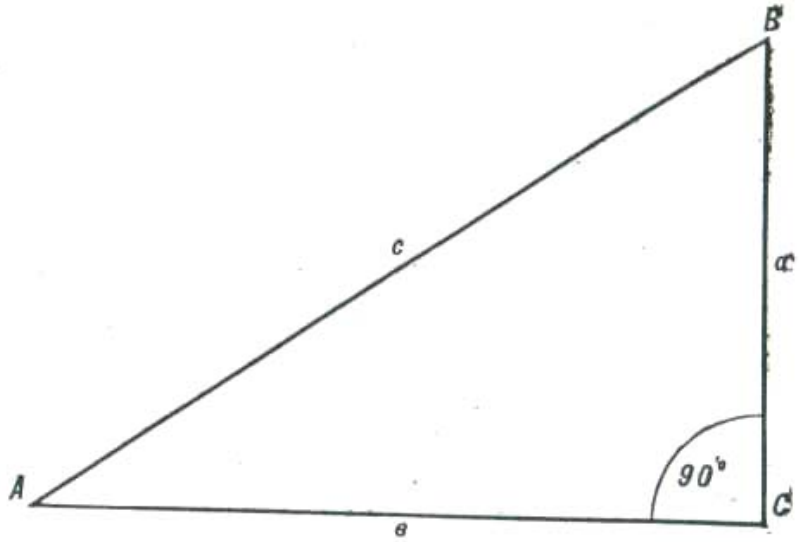


Рисунок 28 – Прямоугольный треугольник

Синусом острого угла называется числовое значение отношения длины противолежащего катета к длине гипотенузы:

$\mathrm{Sin\ A} = \frac{a}{c}$; $\mathrm{SinB} = \frac{b}{c}$.

Косинусом острого угла называется числовое значение отношения длины прилежащего катета к длине гипотенузы:

$\mathrm{CosA} = \frac{\mathrm{b}}{\mathrm{c}}$; $\mathrm{Cos\,B} = \frac{a}{c}$.

Тангенсом острого угла называется числовое значение отношения длины противолежащего катета к длине прилежащего катета:

$\mathrm{tg}A = \frac{a}{b}$; $\mathrm{tg}B = \frac{b}{a}$.

Котангенсом острого угла называется числовое значение отношения длины прилежащего катета к длине противолежащего катета:

$\mathrm{ctg}A = \frac{b}{a}$; $\mathrm{ctg}B = \frac{a}{b}$.

Секансом острого угла называется числовое значение отношения длины гипотенузы к длине прилежащего катета:

$$\sec A = \frac{c}{b}; \qquad \sec B = \frac{c}{a}.$$

Косекансом острого угла называется числовое значение отношения длины гипотенузы к длине противолежащего катета:

$$\mathrm{cosec} A = \frac{c}{a}; \qquad \mathrm{cosec} B = \frac{c}{b}.$$

Тригонометрические функции острого угла связаны между собой математическими зависимостями. Так, например, тангенс произвольного острого угла x равен отношению синуса угла к косинусу

$$\mathrm{tg}\, x = \frac{\sin x}{\cos x};$$

котангенс равен отношению косинуса угла к синусу

$$\mathrm{ctg}\, x = \frac{\cos x}{\sin x}.$$

Функции острых углов играют важную роль при решении многих математических и геодезических задач. Однако их использование ограничено пределами изменений острых углов от 0 до 90°. В геодезических построениях широко применяются косоугольные треугольники с пределами изменений углов свыше 90°, а в системе геодезического ориентирования используются углы (направления) с пределами изменений до 360°. Поэтому возникает необходимость распространения понятия тригонометрических функций на углы любой величины.

2.2.2 Тригонометрические функции произвольного угла

Тригонометрические функции угла любой величины определяют с помощью геодезического круга (рисунок 29) с двумя взаимно перпендикулярными диаметрами. За центр круга принимают точку стояния прибора или точку с известными координатами *P*, за вертикальный диаметр *SN* геодезического круга – ось абсцисс данной точки (ось X). За горизонтальный диаметр *WE* геодезического круга принимают ось ординат (ось Y), за положительные направления осей – направления в сторону увеличения значений координат X и Y: для абсцисс – на север (вверх), для ординат – на восток (вправо).

За подвижный радиус *PB* принимают направление (дирекционный угол) из данной точки на заданный предмет. Отсчет углов в геодезическом круге ведут от положительного (северного) направления оси абсцисс до направления на заданный предмет (подвижный радиус) по ходу часовой стрелки от 0 до 290°.

Четверти круга нумеруют в зависимости от направления подвижного радиуса: I четверть от 0 до 90°; II четверть от 90 до 180°; III четверть от 180 до 270°; IV четверть от 270 до 290° (на рисунке 29 двойными пунктирными линиями показано расположение подвижного радиуса во II, III и IV четвертях

круга). На геодезическом круге производится построение тригонометрических .линий.

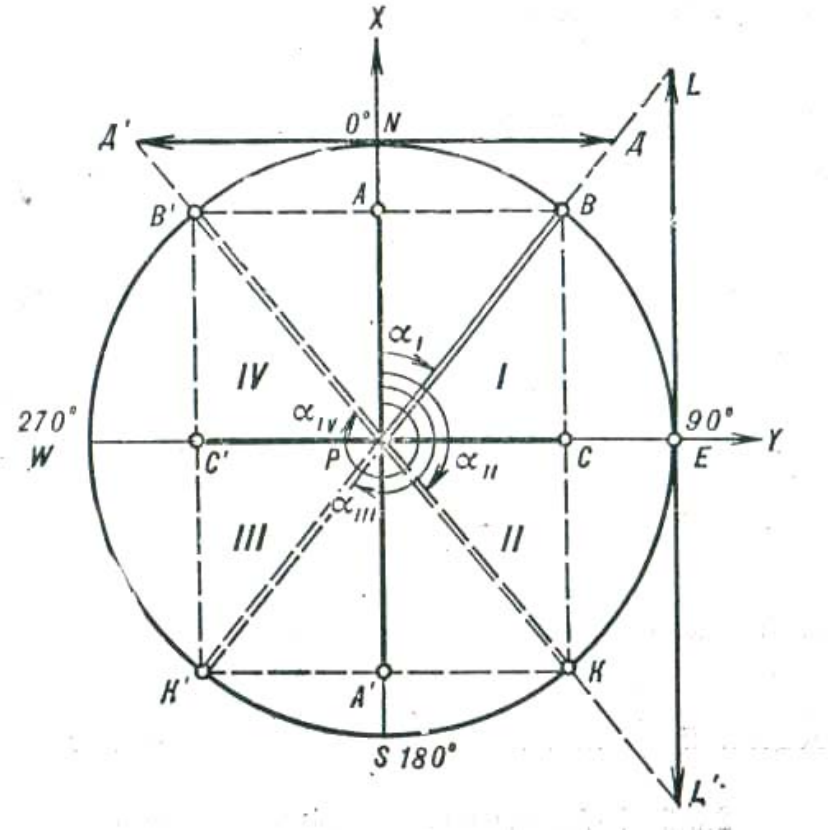


Рисунок 29 – Геодезический круг

Линией синуса называется проекция подвижного радиуса на ось ординат (на рисунке 29 отрезки *PC* и *PC'*),

Линией косинуса называется проекция подвижного радиуса: на ось абсцисс (на рисунке 29 отрезки *PA* и *PA'*).

Линией тангенса называется отрезок касательной к геодезическому кругу в точке севера *N* от точки касания до пересечения с продолжением подвижного радиуса (на рисунке 29 отрезки *NД* и *NД'*).

Линией котангенса называется отрезок касательной к геодезическому кругу в точке востока *E* от точки касания до пересечения с продолжением подвижного радиуса (на рисунке 29 отрезки *EL* и EL').

Тригонометрическими функциями произвольного угла (угла любой величины) называются числовые значения взаимного отношения длин тригонометрических линий к длине подвижного радиуса геодезического круга. Так, синусом произвольного угла называется числовое значение отношения длины линии синуса (взятой со своим знаком) к длине подвижного радиуса геодезического круга (в I, II, III и IV четвертях):

$$\mathrm{Sin}\,\alpha_i = \frac{PC}{PB}; \qquad -\mathrm{Sin}\,\alpha_i = -\frac{PC'}{PB}.$$

Косинусом произвольного угла называется числовое значение отношения длины линии косинуса (взятой со своим знаком) к длине подвижного радиуса геодезического круга:

$$\mathrm{Cos}\,\alpha_i = \frac{PA}{PB}; \qquad -\mathrm{Cos}\,\alpha_i = \frac{PA'}{PB}.$$

Знаки тригонометрических функций произвольного угла в различных четвертях геодезического круга приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Знаки тригонометрических функций

Четверть	Величина угла α_i	Sin α_i	Cos α_i	tg α_i	ctg α_i	sec α_i	cosec α_i
I	От 0° до 90°	+	+	+	+	+	+
II	От 90° до 180°	+	–	–	–	–	+
III	От 180° до 270°	–	–	+	+	–	–
IV	От 270° до 360°	–	+	–	–	+	–

Тригонометрические функции любого произвольного угла можно выразить через значения тригонометрических функций острого угла (угла I четверти). Такие преобразования проводят по так называемым формулам приведения, которые даны в таблице 5.

Таблица 5 – Формулы приведения

Функции	Углы								
	$-\alpha$	$90^o-\alpha$	$90^o+\alpha$	$180^o-\alpha$	$180^o+\alpha$	$270^o-\alpha$	$270^o+\alpha$	$360^o-\alpha$	$270^o+\alpha$
sin	$-\sin\alpha$	$+\cos\alpha$	$+\cos\alpha$	$+\sin\alpha$	$-\sin\alpha$	$-\cos\alpha$	$-\cos\alpha$	$-\sin\alpha$	$+\sin\alpha$
cos	$+\cos\alpha$	$+\sin\alpha$	$-\sin\alpha$	$-\cos\alpha$	$-\cos\alpha$	$-\sin\alpha$	$+\sin\alpha$	$+\cos\alpha$	$+\cos\alpha$
tg	$-tg\alpha$	$+ctg\alpha$	$-ctg\alpha$	$-tg\alpha$	$+tg\alpha$	$+ctg\alpha$	$-ctg\alpha$	$-tg\alpha$	$+tg\alpha$
ctg	$-ctg\alpha$	$+tg\alpha$	$-tg\alpha$	$-ctg\alpha$	$+ctg\alpha$	$+tg\alpha$	$-tg\alpha$	$-ctg\alpha$	$+ctg\alpha$
sec	$+\sec\alpha$	$+\mathrm{cos}ec\alpha$	$-\mathrm{cos}ec\alpha$	$-\sec\alpha$	$-\sec\alpha$	$-\mathrm{cos}ec\alpha$	$+\mathrm{cos}ec\alpha$	$+\sec\alpha$	$+\sec\alpha$
cos*ec*	$-\mathrm{cos}ec\alpha$	$+\sec\alpha$	$+\sec\alpha$	$+\mathrm{cos}ec\alpha$	$-\mathrm{cos}ec\alpha$	$-\sec\alpha$	$-\sec\alpha$	$-\mathrm{cos}ec\alpha$	$+\mathrm{cos}ec\alpha$

Данные таблицы 4 можно обобщить следующим правилом: любая тригонометрическая функция угла $90°\cdot K + \alpha$ по абсолютной величине равна той же функции острого угла α, если число *K* – четное, и дополнительной функции, если число *K* – нечетное. При этом знак приведенной функции острого угла определяют по таблице 5.

2.2.3 Таблицы натуральных значений тригонометрических функций

В практике вычислительных работ часто приходится пользоваться значениями тригонометрических функций углов, величина которых выражается до секунды и даже до десятых и сотых долей секунды. С этой целью заранее рассчитываются и издаются специальные таблицы, в которых приводятся значения тригонометрических функций с определенной точностью практически для любой величины углов в пределах от 0° до 90°. Эти таблицы

называются таблицами натуральных значений тригонометрических функций, которые в зависимости от количества десятичных знаков, указываемых в значениях функций, подразделяются на трех-, четырех-, пяти-, шести-, семи- и восьмизначные.

В геодезической практике чаще всего используют пяти-, шести-, семизначные таблицы и реже восьмизначные.

Построение (расположение, содержание) таблиц тригонометрических функций предусматривает возможность отыскания числового значения каждой функции по заданному углу и наоборот, – отыскания угла по известному числовому значению любой функции. Правила пользования таблицами зависят от особенностей их построения и приводятся обычно в предисловии к самим таблицам. Как правило, отыскание значения тригонометрических функций по заданному углу производят в следующем порядке:

– по заданному значению угла определяют, к какой четверти геодезического круга он принадлежит;

– по таблице 4 определяют знак искомой тригонометрической функции;

– значение искомой функции, пользуясь данными таблицы 5, приводят к функции острого угла (I четверти);

– по таблицам натуральных значений тригонометрических функций отыскивают страницу с соответствующим наименованием приведенной функции и значением градусов и минут острого угла (если наименование функции указано вверху страницы, минуты читают в левом столбце, если же наименование функции внизу страницы, минуты читают в правом столбце);

– выписывают числовое значение функции, соответствующее градусам, минутам и десяткам секунд;

– методом интерполяции находят поправку за изменение функции на единицы и доли секунд; знак поправки определяют в зависимости от порядка изменения функции (для sin, tg и sec поправки положительные, для cos, ctg и cosec – отрицательные).

Примечание. В большинстве случаев при нахождении величины поправки применяется простая линейная интерполяция. Для этого на каждой странице помещаются небольшие таблички пропорциональных частей с готовыми поправками на весь интервал (шаг таблиц) интерполирования. При нахождении функций косеканса и котангенса малых углов менее трех градусов и функций секанса и тангенса углов, близких к 90°, применяются специальные интерполяционные формулы, указываемые в предисловии таблиц.

Окончательный результат находят как алгебраическую сумму табличного значения функции и поправки.

Пример. Найти синус угла 121°43'15",7 по шестизначным таблицам.

Решение. Четверть II. Знак – плюс.

По таблице 5 Sin 121°43'15",7 = + Cos 31° 43'15",7;

Cos 31°43'10" =+0,850633

поправка на 5",0 = – 13

поправка на 0",7 = – 2

+ 0,850618.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Дать определение тригонометрических функций острого угла Sin, Cos, tg, ctg, sec, cosec.

Начертить прямоугольный треугольник и показать отношение его сторон для угла *A*.

2. Пользуясь таблицей 4, найти знаки всех тригонометрических функций, если угол имеет величину 79 и 126°.

3. Пользуясь шестизначными таблицами тригонометрических функций, найти значения:

Sin 127°46'53"; Cos 306"15'47"; tg 216°21'53",2; ctg 279°16'21",6;

sec 300°14'36",7; cosec 96°29'42",9.

2.3 Основные геодезические задачи

В практике геодезических вычислений наиболее часто встречается решение трех основных задач:

– прямая геодезическая задача;

– обратная геодезическая задача;

– решение треугольника по измеренным углам и сторонам.

В зависимости от поставленных условий и требований основные геодезические задачи могут решаться на поверхности сферы или эллипсоида и на плоскости. В данном разделе рассматриваются способы решения основных геодезических задач на плоскости.

2.3.1 Прямая геодезическая задача

Прямой геодезической задачей называется способ определения координат какой-либо точки по известным координатам другой точки, дирекционному углу и расстоянию между ними.

Пусть точка А (рисунок 30) имеет координаты x_1 и y_1. Из точки А на точку В определен дирекционный угол $\alpha_{1,2}$ и между точками измерено расстояние S.

Необходимо найти координаты x_2 и y_2 точки В.

Решение. Проведем через точки А и В линии, параллельные осям координат. Из образовавшихся построений искомые координаты точки выразятся:

$x_2 = x_1 + AC$;

$y_2 = y_1 + CB$.

Следовательно, решение прямой задачи сводится к отысканию значений отрезков АС и СВ.

Отрезки АС и СВ являются катетами прямоугольного треугольника АВС и равны проекциям линии АВ на оси координат.

Проекции горизонтальных проложений линии S на оси X и Y называются приращениями координат и обозначаются соответственно AC = Δx и BC=Δy.

Приращения координат Δx и Δy могут быть положительными и отрицательными. Знак приращения определяется значением дирекционного угла линии AB.

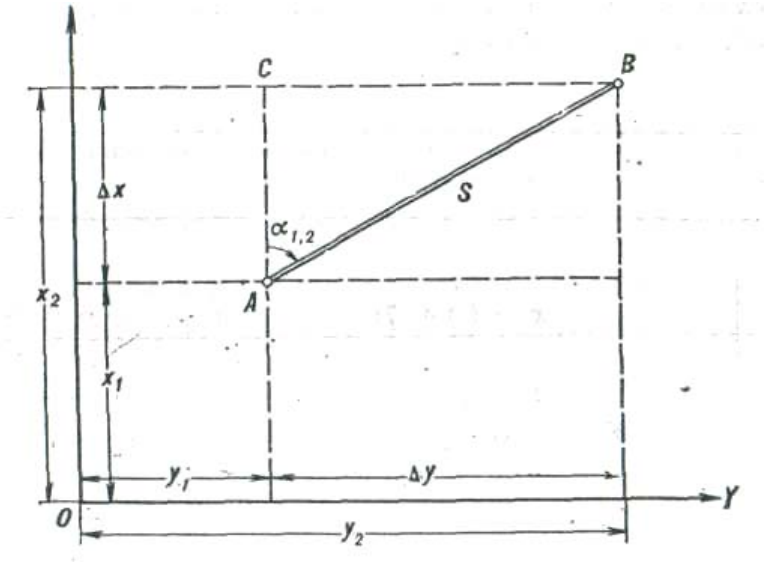


Рисунок 30 – Прямая (обратная) геодезическая задача

Пример. Приращения координат точки B относительно точки A будут положительными (I четверть). Приращения координат точки A относительно точки B будут отрицательными (III четверть).

Значения приращений координат находят из соотношений прямоугольного треугольника ABC:

$$\Delta x = S\cdot\cos\alpha_{1,2};\ \ \Delta y = S\cdot\sin\alpha_{1,2} \qquad (8)$$

отсюда значения координат точки B будут:

$$x_2 = x_1 + \Delta x = x_1 + S\cdot\mathrm{Cos}\,\alpha_{1,2};$$
$$y_1 + \Delta y = y_1 + S\cdot\mathrm{Sin}\,\alpha_{1,2}. \qquad (9)$$

Практическое решение прямой геодезической задачи производится на вычислительных машинах с использованием таблиц натуральных значений тригонометрических функций.

Вычисления выполняют в следующим порядке (таблица 6).

Таблица 6 – Порядок решения прямой геодезической задачи

№ действия	Элементы формул	Величина
4	$\alpha_{1,2}$	$200^{o}48'00''$
9	$x_2 = (1) + (7)$	$6^{o}106^{o}845{,}1$

Продолжение таблицы – 6

№ действия	Элементы формул	Величина
1	x_1	6^o115 105,3
7	$\Delta x = (3)\cdot(6)$	- 8 260,2
6	$\mathrm{Cos}\ \alpha_{1,2}$	- 0,934 826
3	S	8 836,1
5	$\mathrm{Sin}\ \alpha_{1,2}$	- 0,55 107
8	$\Delta y = (3)\cdot(5)$	- 3 137,8
2	y_1	7 534 664,7
10	$y_2 = (2) + (8)$	7 531 526,9
11	$s_{конр} = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}$	8 836,1

– выписывают значения исходных данных x_1, y_1, S и $\alpha_{1,2}$ (действия 1 - 4);

– вычисляют приращения координат Δx и Δy (действия 5 – 8);

– вычисляют координаты x_2, y_2 точки B (действия 9 и. 10);

– проводят контроль вычислений путем определения значения $s_{конр}$ по формуле

$$S_{конр} = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}\ .$$

Расхождение S и $S_{конр}$ более чем на единицу последнего знака свидетельствует о наличии ошибок, которые выявляют повторной проверкой всех вычислений.

2.3.2 Обратная геодезическая задача

Обратной геодезической задачей называется способ определения дирекционного угла и расстояния между двумя точками по известным их координатам.

Возвратимся к рисунку 30. Из условия обратной задачи известны: прямоугольные координаты точек A и B (x_1 и y_1; x_2 и y_2).

Необходимо найти расстояние s между точками A и B и дирекционный угол $\alpha_{1,2}$ из точки A на точку B.

Решение. Искомые величины находят из соотношений прямоугольного треугольника ABC:

$$\mathrm{tg}\ \alpha_{1,2} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1};\ s = \frac{x_2 - x_1}{\mathrm{Cos}\alpha_{1,2}} = \frac{y_2 - y_1}{\mathrm{Sin}\alpha_{1,2}} = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2} \qquad (10)$$

По значению тангенса с помощью тригонометрических таблиц определяют величину только острого угла. Острый угол, отсчитываемый от бли-

жайшего направления оси абсцисс (северного или южного) до направления данной линии, называется румбом и обозначается буквой r.

Для отыскания значения дирекционного угла по значению румба определяют четверть, в которой находится искомое направление.

Четверть, в которой находится направление АВ, определяют по знакам приращений координат Δx и Δy, вычисляемых как разности абсцисс и ординат:

$$\Delta x = x_2 - x_1;\ \Delta y = y_2 - y_1$$ [1].

Формулы перехода от румба к дирекционному углу в зависимости от знака приращения координат приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Переход от румба к дирекционному углу

Четверть круга	Знак приращения		Формулы перехода от румба к дирекционному углу
	Δx	Δy	
I	+	+	$\alpha = r$
II	–	+	$\alpha = 180^o - r$
III	–	–	$\alpha = 180^o + r$
IV	+	–	$\alpha = 360^o - r$

Искомое расстояние S определяют по формулам (10).

Наличие двух вариантов формул обеспечивает надежный контроль вычисления расстояния.

Вычисление расстояний и дирекционных углов при решении обратной геодезической задачи производят с использованием вычислительных машин и таблиц натуральных значений тригонометрических функций в следующем порядке, таблица 8:

Таблица 8 – Решение обратной геодезической задачи.

№ действия	Элементы формул	Величина
1	2	3
4	y_2	7 579 739,3
2	y_1.	7 580 202,1
6	$\Delta y = (4) - (2)$	- 462,8
3	x_2	6 406 199,0
1	x_1	6 411 279,2
5	$\Delta x = (3) - (1)$	- 5 080,2
7	$tg\ \alpha_{1,2} = (6) : (5)$	0,091 099
8	r	5o 12'19"

[1] При отыскании дирекционного угла $\alpha_{1,2}$ из точки В на точку А знаки приращений координат будут обратными: $\Delta x = x_1 - x_2$; $\Delta y = y_1 - y_2$.

Продолжение таблицы 8

№ действия	Элементы формул	Величина
1	2	3
9	$\alpha_{1,2}$	185° 12'19"
10	Sin $\alpha_{1,2}$	0,090 724
11	Cos $\alpha_{1,2}$	0,995 786
12	S_1	5 101,2
13	S_2	5 101,2
14	$S_{ср}$	50 101,2

– выписывают координаты исходных пунктов. x_1, y_1, x_2, y_2 (действия 1 - 4);

– вычисляют приращения координат Δx и Δy (действия 5 и 6); при этом всегда из координат второй точки алгебраически вычитают координаты первой точки;

– вычисляют тангенс дирекционного угла (действие 7);

– по тангенсу угла находят румб, который затем переводят в дирекционный угол с помощью таблицы 7, выбирают из таблиц синус и косинус этого угла (действия 8 – 11);

– дважды вычисляют расстояние *s* и за окончательное значение берут среднее из обоих результатов, при этом расхождение $S_1 – S_2$ не должно превышать более двух единиц последнего знака (действия 12 – 14).

2.3.3 Решение треугольника

Решением треугольника называется определение всех его сторон и углов по трем известным элементам, из которых хотя бы один должен быть его стороной.

Решение треугольника осуществляют по формулам соотношений его элементов, известных из курса тригонометрии.

Обозначив в треугольнике АВС (рисунок 31) стороны через а, в и с, а углы через А, В и С, запишем основные соотношения:

$$A + B + C = 180° \text{ (теорема суммы углов);}$$

$$\frac{a}{\mathrm{Sin}A} = \frac{b}{\mathrm{Sin}B} = \frac{c}{\mathrm{Sin}C} \text{ (теорема синусов);}$$

$$a^2 = в^2 + c^2 – 2 \cdot в \cdot c \cos A \text{ (теорема косинусов);}$$

$$\frac{a + в}{a - в} = \mathrm{tg}\frac{A + B}{2} : \mathrm{tg}\frac{A - B}{2} \text{ (теорема тангенсов)}$$

и дополнительные соотношения:

Sin A = Sin· (B + C);

$$tgA = \frac{a \cdot SinB}{c - a\,CosB}.$$

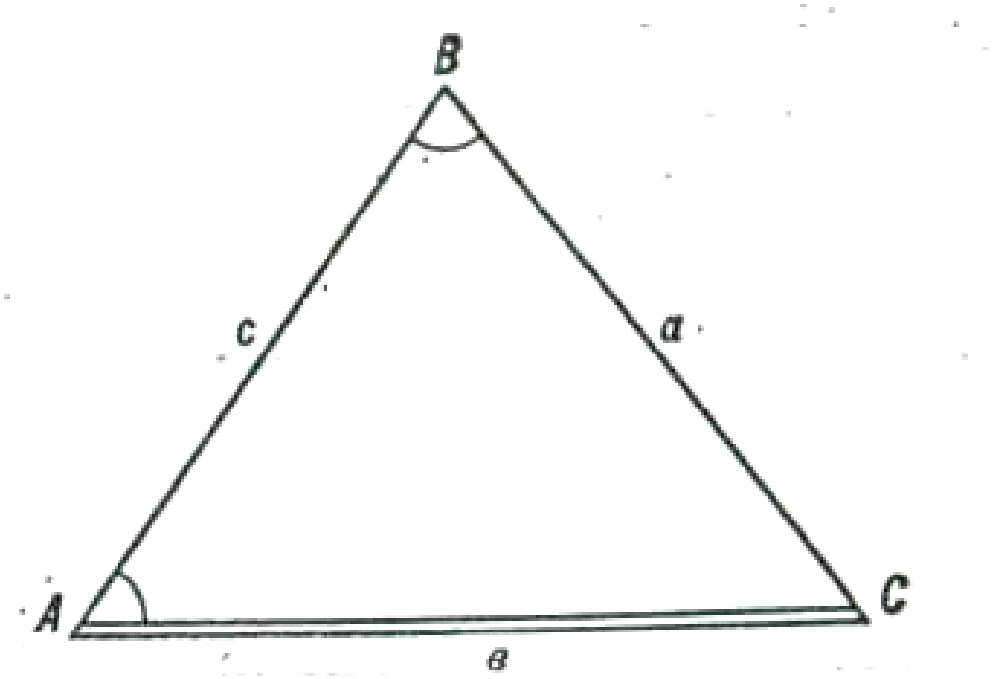


Рисунок 31 – Треугольник

Пример. Пусть в треугольнике ABC (рисунок 31) известны сторона *в* и углы A и B. Необходимо найти угол C и стороны a и c.

Решение проводят в следующем порядке:

– угол C находят по теореме суммы углов
– C = 180° – (A + B);
– стороны a и c вычисляют по теореме синусов

$$a = в\frac{SinA}{SinB}; \qquad c = в\frac{SinC}{SinB};$$

– контроль вычислений осуществляют по формуле

$$a = c\frac{SinA}{SinC}.$$

Пример вычислений приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Решение треугольника

№ дейст-вия	Элемент формулы	Величина
1	A	$86^o15'43''$
2	B	$46^o34'52''$
4	C = [180° – (1) + (2)]	$47^o09'25''$
5	Контроль: (1) + (2) +(4) = 180°	$180^o00'00''$
6	Sin A	0,997 873
7	Sin B	0,726 348
8	Sin C	0,733 220
9	$a = (3)\ \frac{6}{7}$	$6^o448,3$
3	в	$4^o693,7$
10	$c = (3)\ \frac{8}{7}$	$4^o738,1$
11	Контроль: $a_{контр} = (10)\ \frac{6}{8}$	$6^o448,3$

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Дать определение прямой и обратной геодезических задач.

2. Дать вывод формул решений прямой (обратной) геодезической задачи.

3. Решить прямую задачу по данным: x_1 =6 104 172,8; y_1 = 5 565 542,8; s = 4 021,4; $\alpha_{1,2}$ =57°57'54".

Ответ: x_2 = 6 106 212,4; y_2 = 5 568 802,5.

4. Решить обратную задачу по данным:

x_1 = 6 114 133,5;
x_2 = 6 107 134,0;
y_1 = 5.565 596,8;
y_2 = 5 574 985,3.

Ответ:
$\alpha_{1,2}$ = 126°42'21";
s =11710,5.

5. Решить треугольник по данным:

а)	A = 86°49'11"; B = 36°52'12"; в = 7 211,2.	Ответ: C = 56°18'37"; a = 12 000,1; c = 10 000,1.

б)	a=5590,2;
	s = 9 340,7;
	C = 84°46'51".
		Ответ:
		c = 10 440,2;
		A = 32°13'26";
		B = 62°59'43".

в)	a = 10 440,2; в = 12530,0; c = 8 944,2.	Ответ: A = 55°10'30"; B = 80°08'05"; C = 44°41 '25".

2.4 Ошибки измерений

2.4.1 Понятие об измерениях

Под измерением какой-либо величины понимают сравнение ее с однородной с ней величиной, принятой в качестве единицы меры. Это сравнение обычно производится путем выполнения ряда операций, зачастую довольно сложных. К таким операциям относятся визирование, совмещение индексов, производство отсчетов и т. д. Под результатом измерения понимают конечный результат, полученный в итоге всех операций.

Для обнаружения промахов, а также повышения точности геодезические измерения всегда бывают многократными.

По точности результаты измерений разделяют на равноточные и неравноточные.

Под равноточными понимают однородные результаты, полученные при измерениях одним и тем же инструментом (или разными инструментами, но одного и того же класса точности), одним и тем же или равноценными методами, одинаковым числом приемов и в одинаковых условиях.

Неравноточными называют результаты измерений, если указанные условия равноточности не соблюдены.

Примеры равноточных измерений.

1. Измерение длины линий одним и тем же мерным прибором, одинаковым способом.

2. Измерение горизонтальных или вертикальных углов теодолитами, одинаковой точности, одинаковым способом и одним и тем же числом приемов.

Примеры неравноточных измерений.

1. Измерение углов одним и тем же способом и числом приемов, но инструментами разной точности.

2. Измерения расстояния землемерной лентой и с помощью дальномера.

Важное значение в вопросах обработки измерений имеют понятия необходимых и избыточных измерений. Разделение измерений на необходимые и избыточные проводится в зависимости от числа измерений искомой величины. Однократные измерения искомой величины называются необходимыми. Необходимые измерения не позволяют сделать вывод о достоверности полученного результата, так как этот результат не с чем сравнить. Избыточными измерениями называются все измерения, проведенные сверх необходимых.

При измерении одной величины необходимым является одно измерение, остальные – избыточные. Так, измерение линии одной лентой в одном направлении, измерение угла одним полуприёмом – необходимые измерения; при измерении линии двумя землемерными лентами одно из измерений – избыточное.

Для решения геодезических задач обычно необходимо измерить несколько величин. Например, для определения всех шести элементов плоского треугольника нужно знать не менее трех его элементов, в числе которых должна быть хотя бы одна сторона. Подобно этому примеру для решения какой-либо геодезической задачи на местности нужно измерить некоторый минимум величин.

Число минимально необходимых для решения поставленной задачи измеренных величин называют числом необходимых величин.

Разность числа всех измеренных и числа необходимых величин называют числом избыточных величин.

В геодезических работах избыточные измерения и избыточные величины играют большую роль. Они позволяют обнаруживать промахи в измерениях и вычислениях, повышают точность результатов определений искомых величин и дают возможность оценить точность самих измерений.

2.4.2 Классификация ошибок измерений

Известно, что любые измерения, как бы тщательно они не выполнялись, всегда сопровождаются ошибками, т. е. отклонениями измеренных значений от истинных (точных).

Что же является причинами появления этих ошибок?

Измерения выполняются наблюдателем с применением необходимых инструментов и приборов в определенной среде. Невозможно создать совершенно одинаковые условия при измерениях, поэтому результаты измерений отклоняются от истинных значений, причем каждый раз по-разному.

По источникам возникновения ошибки измерений подразделяют на личные (вносимые самим наблюдателем), инструментальные и внешние (ошибки среды). Последние две категории ошибок вполне определяются их названием.

По закономерностям появления ошибки измерений подразделяют на грубые, систематические и случайные.

Грубыми называются ошибки, величина которых превышает установленные технические допуски для данного вида измерений. Они появляются вследствие невнимательности или недостаточного опыта наблюдателя, неисправности измерительного прибора или резкого изменения внешних условий измерений.

Пример. Просчет ленты при измерении линии, нарушение центрирования инструмента.

Грубые ошибки выявляются проведением избыточных и независимых измерений. Результаты, содержащие грубые ошибки, в обработку не принимаются, а измерения повторяют.

Систематическими называются ошибки, которые возникают от определенного источника и постоянны по величине и по знаку. Большинство систематических ошибок является результатом несовершенства измерительных приборов. Они называются инструментальными систематическими ошибками.

Примеры.

1. Ошибка в длине ленты при измерении расстояний. Это постоянная систематическая ошибка, ее величина накапливается в зависимости от измеряемого расстояния.

2. Ошибки в нанесении штрихов на лимбе угломерного прибора. Эти ошибки имеют периодический характер.

Систематические ошибки наиболее опасны при любых измерениях, так как их невозможно выявить в полученных результатах ни увеличением числа измерений, ни последующими вычислениями.

В целях исключения их влияния заранее осуществляют комплекс работ по исследованию и проверкам приборов, выбирают лучшие погодные условия для измерений, проводят измерения с использованием различных приборов и методов измерений.

Случайными называются малые по величине ошибки, которые неизбежно сопровождают все виды измерений и возникают в результате малозаметных изменений условий измерений.

Случайные ошибки могут быть разными по величине и по знаку и по своей природе не поддаются учету. Однако распределение случайных ошибок в результатах многократных измерений одной и той же величины подчиняется определенным правилам, установленным теорией вероятности. Знание и умелое использование этих правил помогают оценить точность полученного результата измерений.

Правила или свойства случайных ошибок заключаются в следующем:

– по абсолютной величине они не превосходят определенного, предела, зависящего от данных конкретных условий измерений;

– малые по абсолютной величине ошибки встречаются чаще больших;

– положительные случайные ошибки встречаются так же часто, как и равные им по величине отрицательные ошибки;

– среднее арифметическое из случайных ошибок измерений одной и той же величины стремится к нулю при неограниченном увеличении количества измерений.

$$\lim = \frac{\Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + ... + \Delta n}{n} = 0,$$

где Δ – случайные ошибки измерений.

Указанные свойства случайных ошибок установлены на основе изучения, анализа и статистической обработки результатов различного рода измерений.

2.4.3 Оценка точности результатов измерений

Оценить точность каких-либо измерений – это значит определить на основе полученных результатов сравнимые числовые (количественные) характеристики, выражающие качественную сторону самих измерений и условий их проведения. Количественные характеристики измерений или критерии оценки точности измерений устанавливаются теорией вероятности и теорией ошибок (в частности, способом наименьших квадратов). Согласно этим теориям оценка точности результатов измерений производится только по случайным ошибкам. Показателями точности измерений могут служить:

– средняя квадратическая ошибка измерений;
– относительная ошибка измерений;
– предельная ошибка измерений.

2.4.4 Средняя квадратичная ошибка

Понятие средней квадратичной ошибки введено Гауссом, и в настоящее время она принята в качестве основной характеристики точности измерений в геодезии.

Средней квадратичной ошибкой называется среднее квадратичное значение из суммы квадратов ошибок отдельных измерений. Для ее вычисления используют либо истинные ошибки измерений, либо уклонения результатов измерений от среднего арифметического.

Обозначим истинное значение измеряемой величины через X, результат измерения через l_i.

Истинными ошибками измерений Δ_i называются разности результатов измерений и истинных значений, т. е.

$$\Delta_i = l_i - X.$$

В этом случае среднюю квадратичную ошибку m отдельного результата вычисляют по формуле

$$m = \pm\sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}}, \qquad (11)$$

где n – количество равноточных измерений.

Однако в большинстве случаев практики, если не считать редких случаев специальных исследований, истинное значение измеряемой величины и, следовательно, истинные ошибки остаются неизвестными. В этих случаях для нахождения окончательного значения измеряемой величины и оценки точности результатов измерений используют принцип среднего арифметического.

Пусть $l_1, l_2, \ldots. l_n$ результаты n равноточных измерений одной и той же величины. Тогда частное

$$\frac{l_1 + l_2 + \ldots + l_n}{n} = \frac{[l]}{n}$$

называется средним арифметическим из измеренных значений этой величины.

Разность каждого отдельного результата измерения и среднего арифметического значения называется уклонением результатов измерений от среднего арифметического и обозначается буквой v:

$$v_i = l_i - \frac{[l]}{n}.$$

Пример. Отдельный угол измерен четырьмя приемами, и получены результаты:

l_1 = 74° 17'42"; l_2 = 74° 17'46"; l_3 = 74° 17'43"; l_4 = 74° 17'47".

Тогда среднее арифметическое значение угла будет $\frac{[l]}{4}$ = 74° 17'44",5, а уклонения результатов измерений от среднего арифметического соответственно будут v_1 = - 2",5; v_2= +1",5; v_3 = - 1",5 и v_4= +2",5.

Уклонения результатов измерений от среднего арифметического обладают двумя важными свойствами:

– для любого ряда равноточных измерений алгебраическая сумма уклонений равна нулю $[v] = 0$;

– для любого ряда равноточных измерений сумма квадратов уклонений минимальна, т. е. меньше суммы квадратов уклонений отдельных измерений от любого другого значения, принятого, вместо среднего арифметического значения, $[v^2] = \min$.

Первое свойство уклонений служит надежным контролем вычисления среднего арифметического значения из результатов измерений. Второе свойство уклонений используют для оценки точности результатов измерений.

Если ошибки отдельных измерений вычисляют относительно среднего арифметического значения из результатов измерений, среднюю квадратичную. ошибку отдельного результата вычисляют по формуле

$$m = \pm\sqrt{\frac{[v^2]}{n-1}}. \qquad (12)$$

Пример. Используя данные предыдущего примера, найдем среднюю квадратичную ошибку измерения угла одним приемом:

$$m = \pm\sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + v_4^2}{n-1}} = \pm\sqrt{\frac{6{,}25 + 2{,}25 + 2{,}25 + 6{,}25}{4-1}} = \pm 2'',4 .$$

При определении средних квадратичных ошибок измерений необходимо руководствоваться следующими правилами:

1) средняя квадратичная ошибка суммы или разности измеренных величин равна корню квадратному из суммы квадратов средних квадратичных ошибок слагаемых, т. е. для выражения A = a + b - c +...+ q средняя квадратичная ошибка будет равна

$$m_A = \sqrt{m_a^2 + m_b^2 + m_c^2 + ... + m_q^2}$$

при равноточных измерениях, когда $m_a = m_b = m_c = ... = m_q$:

$$m_A = m\sqrt{n} ;$$

2) средняя квадратичная ошибка произведения измеренной величины на постоянное число равна произведению средней квадратичной ошибки этой величины на то же самое число, т. е. для выражения L = kl;

$$m_L = k \cdot m_i ;$$

3) средняя квадратичная ошибка результатов равноточных измерений прямо пропорциональна средней квадратичной ошибке одного измерения m и обратно пропорциональна корню квадратному из числа измерений, т.е.

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}};$$

или с учетом формулы (12):

$$M = \pm\sqrt{\frac{[v^2]}{n(n-1)}}.$$

Примеры: 1. Угол β получен как разность двух направлений, определенных с ошибками $m_1 = \pm 3''$ и $m_2 = \pm 4''$.

По первому правилу находим $m_{ŕA} = \sqrt{m_1^2 + m_2^2} = \sqrt{9+16} = \pm 5''$.

2. Радиус окружности измерен со средней квадратичной ошибкой $m_R = \pm 5$ см.

По второму правилу находим среднюю квадратичную ошибку длины окружности

$m_0 = 2\pi m_R = 2 \times 3{,}14 \times 5 = \pm 31$ см.

3. Средняя квадратичная ошибка измерения угла одним приемом равно m = ± 8". Какова точность измерения угла четырьмя приемами?

По третьему правилу

$$m_{\acute{r}A} = \frac{m}{\sqrt{n}} = \frac{8}{\sqrt{4}} = \pm 4''.$$

4. Угол β измерен пятью приемами. При этом отклонения от среднего арифметического составили: - 2", + 3",- 4", +4" и -1". Какова точность окончательного результата?

По третьему правилу

$$M = \pm\sqrt{\frac{[v^2]}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{4+9+16+16+1}{5(5-1)}} = \pm 1'',5$$

2.4.5 Относительная ошибка

Ошибки средняя квадратичная m, истинная Δ называются абсолютными ошибками.

В некоторых случаях абсолютная ошибка недостаточно показательна, в частности, при линейных измерениях. Например, линия измерена с ошибкой ±5 см. Для длины линии в 1 метр эта точность, очевидно, низкая, а для длины линии в 1 километр точность безусловно более высокая. Поэтому нагляднее точность измерения будет характеризоваться отношением абсолютной ошибки к полученному значению измеренной величины. Такое отношение называется относительной ошибкой. Относительная ошибка выражается дробью, причем дробь преобразуется так, чтобы числитель ее был равен единице.

Относительную ошибку определяют по соответствующей абсолютной ошибке. Пусть X – полученное значение некоторой величины, тогда $\frac{m}{X}$ – средняя квадратичная относительная ошибка этой величины; $\frac{\Delta}{X}$ истинная относительная ошибка.

Знаменатель относительной ошибки целесообразно округлять до двух значащих цифр с нулями.

Пример. В приведенном случае средняя квадратичная относительная ошибка измерения линии будет равна $\frac{5\,см}{100\,см} = \frac{1}{20}$ и $\frac{5\,см}{100000\,см} = \frac{1}{20000}$.

2.4.6 Предельная ошибка

Предельной ошибкой называется наибольшее значение случайной ошибки, которое может появиться при данных условиях равноточных измерений.

Теорией вероятности доказано, что случайные ошибки только в трех случаях из 1000 могут превзойти величину 3m; 5 ошибок из 100 могут превзойти 2m и 32 ошибки из 100 могут превзойти *m*.

Исходя из этого, в геодезической практике результаты измерений, содержащие ошибки Q≥3m, относят к измерениям, содержащим грубые ошибки, и в обработку не принимают.

Значения ошибок Q = 2m используют как предельные при составлении технических требований для данного вида работ, т. е. все случайные ошибки измерений, превышающие по своей величине эти значения, считают недопустимыми. При получении расхождений, превышающих величину 2*m*, принимают меры по улучшению условий измерений, а сами измерения повторяют.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Перечислить виды измерений и дать их определение.
2. Перечислить виды ошибок измерений и дать их определение.
3. Перечислить критерии, применяемые для оценки точности измерений.
4. Найти среднюю квадратичную ошибку ряда измерений, если вероятнейшие ошибки равны: - 2,3; + 1,6; - 0,2; + 1,9; - 1,1.
5. Найти относительную ошибку измерения длины линии по результатам: 487,23 м и 486,91 м.

3 Приборы для измерения углов, расстояний и превышений

3.1 Угломерные приборы. Измерение углов

Угломерные приборы предназначаются для измерения горизонтальных и вертикальных углов. Общий принцип угловых измерений с помощью угломерных приборов показан на рисунке 32.

Измерение горизонтального угла между двумя земными предметами M_1 и M_2 заключается в нахождении двугранного угла Q между вертикальными плоскостями L_1 и L_2, проходящими через отвесную линию JZ в точке измерения и наблюдаемые предметы.

Измерение вертикального угла заключается в нахождении значения угла наклона $+\alpha_1$ ($-\alpha_2$) в вертикальной плоскости L_1 от горизонта до направления на, предмет M_1 (M_2) или в нахождении зенитного расстояния z_1 (z_2) от отвесной линии в точке измерения до направления на наблюдаемый предмет.

К угломерным приборам относятся теодолиты и универсалы. Универсалы предназначены для измерения горизонтальных и вертикальных углов с одинаковой точностью.

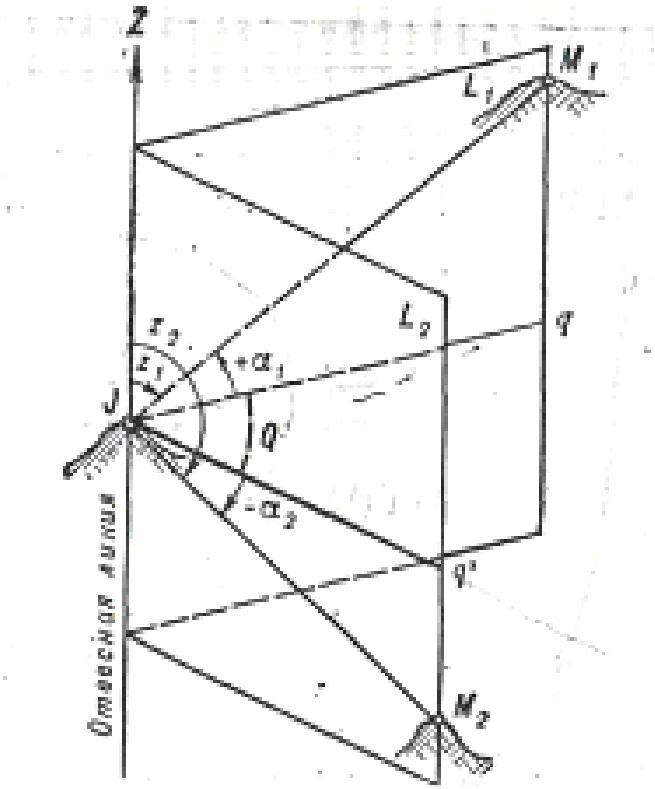


Рисунок 32 – Измерение горизонтальных и вертикальных углов

Теодолиты предназначены для измерения как горизонтальных, так и вертикальный углов, но последние обычно измеряются с меньшей точностью. В связи с этим вертикальные круги теодолитов имеют меньшие разме-

ры и изготовляются с меньшей точностью. Теодолиты, у которых горизонтальный и вертикальный угломерные круги стеклянные, называются оптическими.

Теодолит состоит из следующих основных узлов (рисунок 40):

– подставки 1 с подъемными винтами;

– лимбовой части 2 с вертикальной осью и горизонтальным угломерным кругом;

– алидадной части горизонтального круга 3 с колонкой и уровнем 7;

– горизонтальной оси 4 с вертикальным угломерным кругом 6;

– алидадной части вертикального круга 9 с уровнем 8;

– зрительной трубы 5;

– отсчетного устройства горизонтального и вертикального кругов.

Согласно государственному стандарту нашей промышленностью изготавливаются следующие типы оптических теодолитов:

– теодолиты высокоточные оптические Т05 и Т1;

– теодолиты точные оптические Т2 и Т5;

– теодолиты технические оптические Т15 и Т30.

Цифры, стоящие после буквы Т в шифре теодолита, обозначают среднюю квадратическую ошибку измерения им горизонтального угла одним приемом в лабораторных условиях.

Основные технические данные теодолитов приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Технические данные теодолитов

Наименование параметра	Т2	Т1	Т5	2Т30
Средняя квадратическая ошибка измерения горизонтального угла одним приёмом	± 2"	1"	±5"	30"
Увеличение зрительной трубы	25х	30х	27х	15 1
Наименьшее расстояние визирования, м	1,5	5	2	
Уровни, цена деления:				
накладного	10"	-	-	-
при алидаде горизонтального круга	15"	20"	30"	45"
при алидаде вертикального круга	20"	17-25"	25"	20"
Вес, кг:				
теодолита	5,5	4	2,9	2,3
футляра с принадлежностями	4,2	4,5	3	1,5
раздвижного штатива	6	6	6	6

3.1.1 Теодолит Т2

Теодолит Т2 предназначен для измерения горизонтальных и вертикальных углов на пунктах государственных геодезических сетей 3 и 4 классов, а также для определения астрономических азимутов со средней квадратической ошибкой ± 5".

В комплект прибора входят: теодолит в футляре, раздвижной штатив и принадлежности.

К теодолиту могут придаваться следующие основные принадлежности:

– оптический двусторонний отвес для центрирования;

– комплект оборудования для работы по трехштативной системе (3 штатива, 3 подставки и 4 марки);

– уровень на зрительную трубу для нивелирования горизонтальным лучом;

– уровень накладной;

– съемная астрономическая сетка нитей;

– коленчатые окуляры на зрительную трубу и отсчетный микроскоп;

– центрировочная плита.

Общий вид теодолита показан на рисунке 33.

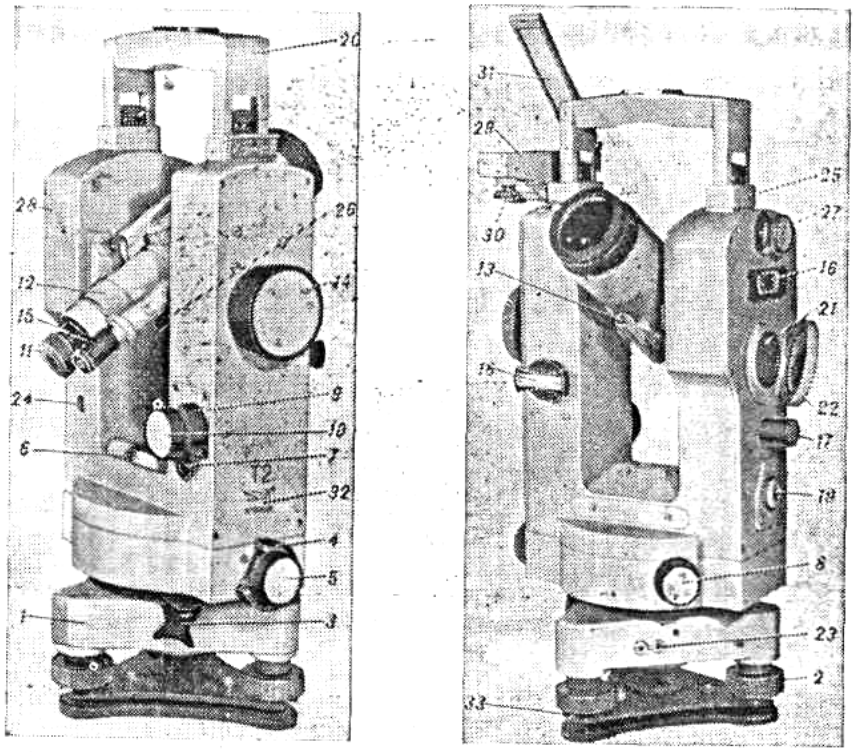
Подставка 1 теодолита съемная. Она состоит из корпуса, трех подъемных винтов 2 и трегера с пластинчатой пружиной 33. Теодолит закрепляется в подставке зажимным винтом 3. На подставке расположены штепсельные гнезда 23 для подключения электроосвещения.

Подъемные винты 2 служат для установки вертикальной оси теодолита в отвесное положение (нивелирование теодолита) при подготовке его к работе. Регулировка хода подъемных винтов производится вращением гайки, находящейся под втулкой подъемного винта. Трегер в центре имеет резьбовое гнездо для станового винта штатива (для винта столбового центра).

Лимбовая часть состоит из корпуса, цилиндрической втулки; системы вертикальной оси теодолита и горизонтального круга. Цилиндрическая втулка входит в гнездо подставки и крепится в нем зажимным винтом 3. Горизонтальный круг устанавливается в любое заданное положение маховичком 8. Маховичок 8 блокирован выжимной пружиной. Для перестановки круга маховичок предварительно нажимается вдоль его оси, а затем вращается. Снизу лимбовой части имеется контактное кольцо электроосвещения, которое скользит по пружинному контакту подставки.

Алидадная часть горизонтального круга состоит из корпуса и двух колонок. На корпусе алидады имеется цилиндрический уровень 5. Исправление уровня осуществляется исправительным винтом 7. Алидада фиксируется относительно горизонтального круга закрепительным винтом 4. Плавное вращение алидады относительно горизонтального круга выполняется наводящим винтом *5*. Точное центрирование теодолита над центром осуществляется по оптическому отвесу, выдвижная окулярная трубка 19 которого распо-

ложена в левой колонке, а объектив – внутри полой вертикальной оси прибора.



1 – подставка теодолита; 2 – подъемный винт; 3 – зажимной винт для закрепления теодолита в подставке; 4 – закрепительный винт алидады горизонтального круга; 5 – наводящий винт алидады горизонтального круга; 6 – цилиндрический уровень при алидаде горизонтального круга; 7 – исправительный винт цилиндрического уровня; 8 – маховичок для перестановки горизонтального круга; 9 – закрепительный винт, зрительной, трубы; 10– наводящий винт зрительной трубы; 11 – кольцо для фокусирования сетки нитей трубы; 12– кольцо для фокусирования зрительной трубы; 13 – оптический визир; 14 – барабан оптического микрометра; 15 – окуляр отсчетного микроскопа; 16 – иллюминатор освещения уровня; 17 – установочный винт уровня при алидаде вертикального круга; 18 – рукоятка переключения кругов; 19 – выдвижная окулярная трубка оптического отвеса; 20 – скоба для установки визирной вешки; 21 – иллюминатор для освещения кругов; 22 – зеркало для подсветки кругов; 23 – штепсельное гнездо для подключения электроосвещения; 24 – штепсельное гнездо для подключения осветителя; 25 – пружинный контакт для освещения визирной вешки; 26 – рычаг зеркальца подсветки поля зрения трубы; 27 – призма для наблюдения контактного, уровня; 28 – пробка, закрывающая отверстие для юстировки контактного уровня; 29 – ориентир-буссоль; 30 – винт для закрепления стрелки буссоли; 31 – зеркало буссоли; 32 – окно для юстировки оптического микрометра; 33 – трегер с пластинчатой пружиной

Рисунок 33 – Оптический теодолит Т2

На правой колонке расположены закрепительный винт зрительной трубы 9 и соосный с ним наводящий винт 10, рукоятка переключения кругов 18, барабан оптического микрометра 14, окно для юстировки оптического

микрометра 32, резьбовое отверстие для крепления ориентир-буссоли и прилив для крепления накладного уровня и скобы.

На левой колонке имеются штепсельное гнездо 24 для подключения осветителя, пружинный контакт 25 для; освещения визирной вешки, иллюминатор 21 с зеркалом 22 для освещения кругов. Внутри левой колонки размещается вертикальный круг.

Горизонтальная ось рабочими цапфами опирается на лагеры, имеющиеся на колонках. На горизонтальной оси закрепляются вертикальный круг и зрительная труба.

Алидадная часть вертикального круга размещается на левой колонке. При алидаде вертикального круга имеется контактный уровень. Уровень освещается через иллюминатор 16. Алидада вместе с уровнем перемещается относительно вертикального круга с помощью винта 17. Отсчет по вертикальному кругу производится при совмещенных концах пузырька контактного уровня. Совмещение концов пузырька уровня наблюдается через призму 27. Юстировка контактного уровня выполняется с помощью винта, находящегося под пробкой 28.

Зрительная труба состоит из корпуса, объектива, окуляра с кольцом 11, вращением которого достигается четкое изображение сетки нитей, и фокусирующего устройства с кольцом 12, вращением которого достигается чёткое изображение визирной цели. На зрительной трубе сверху и снизу имеются оптические визиры 13 для грубого наведения трубы на визирную цель, а также рычаг 26, которым регулируется подсветка поля зрения трубы.

Отсчетным устройством является оптический микрометр, который находится в правой колонке, а окуляр отсчетного микроскопа 15 – рядом с окуляром зрительной трубы. В отсчетный микроскоп одновременно можно наблюдать изображение диаметрально противоположных штрихов горизонтального (двойные штрихи) или вертикального (одинарные штрихи) кругов и часть шкалы оптического микрометра с горизонтальным индексом (рисунок 34). Для снятия отсчета по горизонтальному кругу алидаду закрепляют винтом 4 и вращением барабана оптического микрометра 14 совмещают изображения противоположных штрихов круга.

Отсчет снимается следующим образом:

– число градусов соответствует первому (слева от центра поля зрения) подписанному числу на верхнем изображении круга;

– число десятков минут соответствует числу, делении между верхним штрихом, по которому отсчитывались градусы, и нижним, значение которого отличается от верхнего на 180°;

– единицы минут и секунды отсчитываются по шкале оптического микрометра против горизонтального индекса.

Для снятия отсчета по вертикальному кругу зрительная труба закрепляется винтом 9, совмещаются концы пузырька контактного уровня винтом 17 и вращением барабана оптического микрометра 14 совмещаются изображения противоположных штрихов вертикального круга. Отсчет снимается так же, как и по горизонтальному кругу.

Ориентир-буссоль 29 крепится к скобе 20. Стрелка буссоли освобождается винтом 30. Положение стрелки наблюдается через зеркало 31.

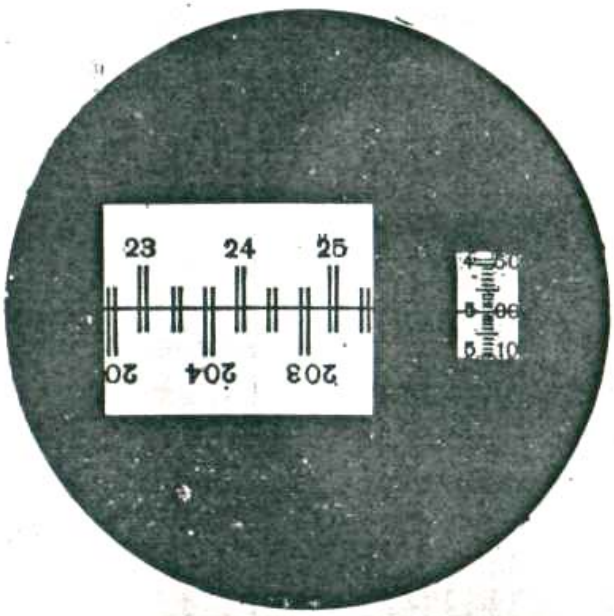


Рисунок 34 – Поле зрения отсчётного микроскопа теодолита Т2. Отчет 23°55'00'

3.1.2 Теодолит Т5

Теодолит Т5 изготавливается в двух вариантах: с цилиндрическим уровнем при алидаде вертикального круга и с компенсатором, заменяющим уровень. Теодолит с компенсатором обозначается дополнительно буквой «К».

Теодолит Т5 предназначен для измерения горизонтальных и вертикальных углов в специальных геодезических сетях.

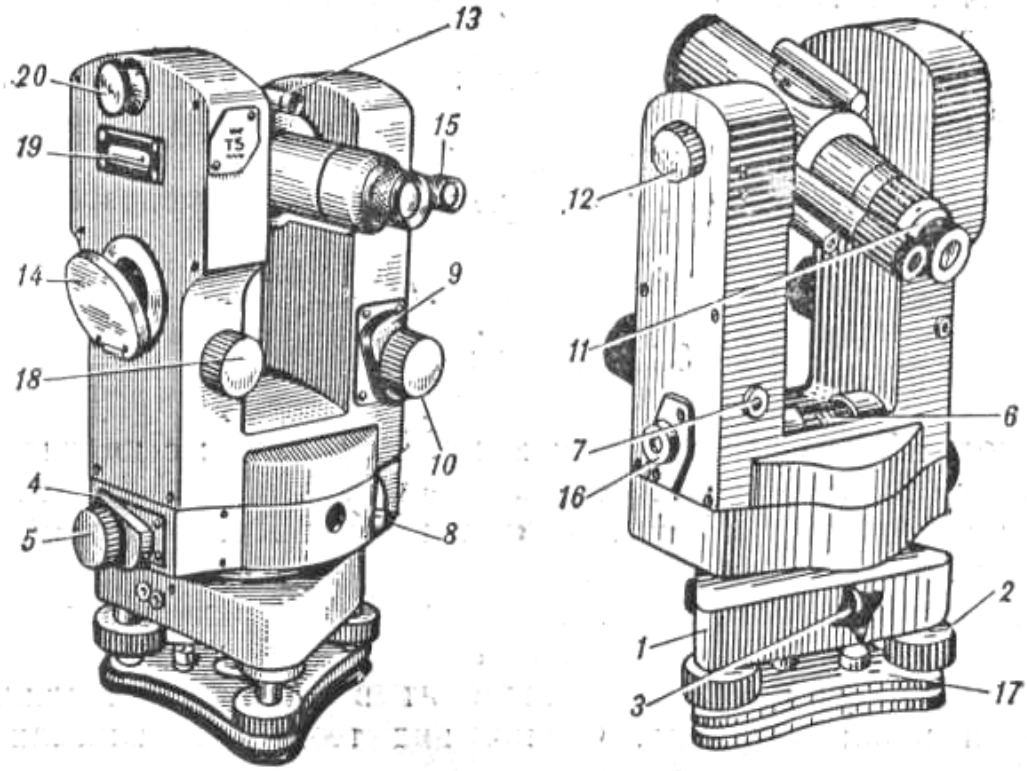
В комплект прибора входят теодолит в футляре, раздвижной штатив и принадлежности. Общий вид теодолита показан на рисунке 35, поле зрения отсчётного микроскопа показан на рисунке 36.

Подставка теодолита 1 съемная. Она состоит из корпуса, трех подъемных винтов 2 и трегера с пластинчатой пружиной 17. На подставке имеется зажимной винт 3 для закрепления теодолита. Подъемные винты служат для установки вертикальной оси теодолита в отвесное положение при подготовке его к работе.

Лимбовая часть состоит из корпуса, цилиндрической втулки, системы вертикальной оси теодолита и горизонтального круга. Цилиндрическая втулка входит в гнездо подставки и крепится в нем зажимным винтом 3. Горизонтальный круг устанавливается в любое положение маховичком 8. Маховичок 8 блокирован выжимной пружиной. Для перестановки круга маховичок предварительно нажимается вдоль его оси, а затем вращается.

Алидадная часть горизонтального круга состоит из корпуса и двух колонок. На корпусе алидады имеется цилиндрический уровень 6. Исправление

уровня осуществляется исправительным винтом 7. Алидада фиксируется относительно горизонтального круга; закрепительным винтом 4. Плавное вращение алидады относительно горизонтального круга выполняется наводящим винтом 5. Точное центрирование теодолита над центром осуществляется по оптическому отвесу. Фокусирование оптического отвеса производится выдвижением окулярной трубки 16.



1 – подставка теодолита; 2 – подъемный винт; 3 – зажимной винт для закрепления теодолита в подставке 4 – закрепительный винт алидады горизонтального круга;. 5 – наводящий винт алидады горизонтального круга; 6 – цилиндрический уровень при алидаде горизонтального круга; 7 – исправительный винт цилиндрического уровня; 8 – маховичок для перестановки горизонтального круга; 9 – закрепительный винт зрительной трубы; 10 – наводящий винт зрительной трубы; 11 – кольцо для фокусирования сетки нитей трубы; 12 – маховичок для фокусирования зрительной трубы; 13 – оптический визир; 14 – зеркало для подсветки кругов; 15 – окуляр отсчетного микроскопа; 16 – окулярная трубка оптического отвеса; 17 – пружинящая пластинка; 18 – установочный винт цилиндрического уровня при алидаде вертикального круга; 19 – окно для освещения уровня; 20 – поворотная призма

Рисунок 35 – Оптический теодолит Т5

На правой колонке имеется закрепительный винт зрительной трубы 9 и соосный с ним наводящий винт 10, а также маховичок 12, вращением которого достигается четкое изображение визирной цели.

На левой колонке имеется зеркало 14, поворотом которого обеспечивается равномерное освещение поля зрения оптического микроскопа.

Уровень при алидаде вертикального круга снабжен системой призм, с помощью которых его изображение передается на поворотную призму 20. Концы пузырька совмещаются при вращении, винта 18. Уровень освещается через окно 19.

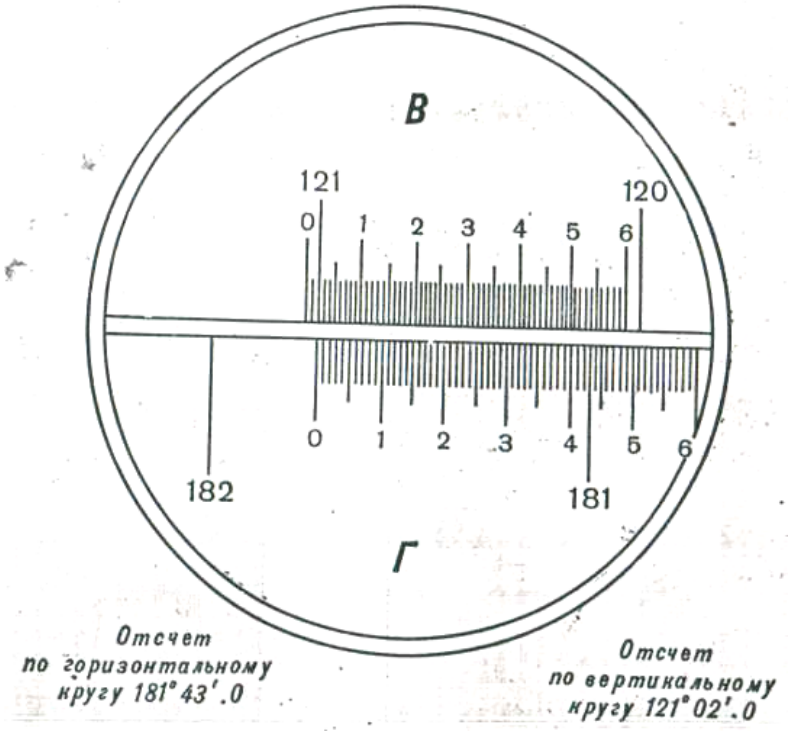


Рисунок 36 – Поле зрения отсчётного микроскопа теодолита Т5

Уровень при алидаде вертикального круга снабжен системой призм, с помощью которых его изображение передается на поворотную призму 20. Концы пузырька совмещаются при вращении, винта 18. Уровень освещается через окно 19.

Зрительная труба состоит из корпуса, объектива и окуляра с кольцом 11, вращением которого достигается четкое изображение сетки нитей. На зрительной трубе сверху и снизу имеются оптические визиры 13 для грубого наведения трубы на визирную цель.

Отсчетным устройством является отсчетный микроскоп, окуляр 15 которого располагается рядом с окуляром зрительной трубы. Отсчеты производятся по одной стороне горизонтального и вертикального кругов. Круги освещаются через иллюминатор с помощью зеркала 14. В поле зрения отсчетного микроскопа наблюдаются одновременно изображения обоих кругов и двух отсчетных шкал (рисунок 44), одна для отсчетов по горизонтальному кругу, другая – по вертикальному. Одно деление шкалы соответствует перемещению алидады на 1'. Оценка доли деления шкалы производится на глаз до 0',1 деления, т. е. до 6".

3.1.3 Теодолиты 2Т30, 2Т30П

Технические теодолиты 2Т30, 2ТЗОП предназначены для измерения горизонтальных и вертикальных углов в теодолитных и тахеометрических ходах, при создании плановых и высотных съемочных сетей, для измерения расстояний с использованием нитяного дальномера зрительной трубы, определения магнитных азимутов по ориентир-буссоли, а также для нивелирования горизонтальным лучом с помощью уровня при трубе.

Зрительная труба теодолита 2Т30 имеет обратное изображение, а теодолита 2Т30П – прямое; остальные технические характеристики, устройство основных частей и комплектность обоих теодолитов одинаково. Теодолит 2Т30 имеет повторительную систему вертикальной оси, увеличение зрительной трубы 20 крат цену деления уровней при алидаде горизонтального круга и зрительной трубе соответственно 45' и 20". Масса теодолита (без футляра) составляет 2,3 кг. Внешний вид теодолита 2Т30 показан на рисунке 37.

Зрительная труба обоими концами переводится через зенит, ее фокусирование на цель осуществляется с помощью кремальеры. У теодолитов 2Т30 и 2Т30П нет цилиндрического уровня при вертикальном круге. Его функции выполняет цилиндрический уровень при алидаде горизонтального круга, который закреплен в нижней части колонки параллельно плоскости вертикального круга. При измерении угла наклона перед визированием на цель пузырек цилиндрического уровня подъемными винтами приводят на середину ампулы.

Оцифровка вертикального круга (рисунок 38) – секторная от 0° до 75° и от 0° до минус 75°. В верхней части поля зрения отсчетного микроскопа, обозначенной буквой *В* (рисунок 38) видно изображение штрихов лимба вертикального круга; в нижней части, обозначенной буквой *Г* – изображение штрихов лимба горизонтального круга. Отсчет производится по шкалам, цена деления которых соответствует 5', с округлением до 0,1 деления, т. е. до 0,5'. Индексом для отсчитывания служит штрих лимба. Шкала вертикального круга имеет два ряда цифр. По нижнему ряду цифр со знаком «–» берут отсчет в том случае, когда в пределах шкалы находится штрих лимба с тем же знаком, и записывают показания со знаком «–».

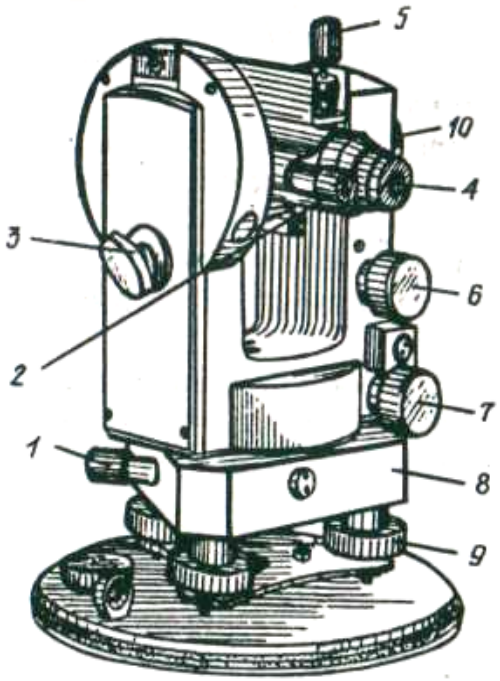
Формулы вычисления углов наклона для теодолита 2Т30 имеют следующий вид:

$$\left.\begin{aligned} v &= 0{,}5(Л - П) \\ v &= Л - МО \\ v &= МО - П, \end{aligned}\right\} \qquad (13)$$

где П и Л – отсчеты по лимбу вертикального круга при его положении слева и справа,

МО – место нуля вертикального круга, равное

$$МО = 0{,}5\ (Л + П). \qquad (14)$$



1 – поворотный винт горизонтального круга; 2 – окуляр микроскопа; 3 – иллюминатор с зеркалом; 4 – окуляр зрительной трубы; 5 – закрепительный винт зрительной грубы; 6 – наводящий винт зрительной трубы; 7 – наводящий винт алидадной части; 8 – подставка; 9 – подъемный винт; 10 – рукоятка фокусировки (кремальера).

Рисунок 37 – Теодолит 2Т30

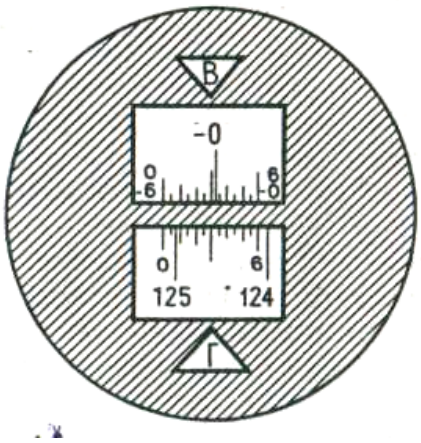


Рисунок 38 – Поле зрение отсчётного микроскопа теодолита 2Т30 отсчет по горизонтальному кругу 125°06,5'; отсчет по вертикальному кругу минус 0°26'

3.1.4 Поверки и юстировки теодолитов Т2, Т5, Т5 К

Полноценные результаты при угловых измерениях получаются с помощью теодолитов, в которых геометрические, оптические и механические условия, положенные в основу их конструкции, выдерживаются с заданной точностью.

Для контроля соблюдения указанных условий периодически проводятся поверки и исследования теодолитов. Поверки выполняются исполнителями, за которыми закреплены приборы. Исследования и юстировки проводятся в специальных лабораториях.

Поверки теодолитов выполняются в определенной последовательности, так как несоблюдение одного условия может внести ошибку в результаты поверки другого условия.

1. Поверка перпендикулярности оси уровня при алидаде горизонтального круга к вертикальной оси вращения теодолита.

Теодолит устанавливают на устойчивом штативе или прочном столбе и нивелируют.

Алидаду поворачивают так, чтобы ось уровня располагалась по направлению двух подъемных винтов.

Вращением этих винтов пузырек уровня приводят на середину. Затем алидаду поворачивают на 180°. Если пузырек уровня отклонится от середины не более чем на половину деления, условие перпендикулярности считается выполненным. В противном случае пузырек уровня приводят на середину: на половину дуги отклонения исправительными винтами уровня и окончательно подъемными винтами. После исправления уровня поверка повторяется.

2. Поверка правильности вращения алидады горизонтального круга.

После тщательного нивелирования теодолита алидаду поворачивают на несколько оборотов по часовой стрелке. Затем при установках алидады через 45° снимают отсчеты по уровню. Отклонение пузырька уровня от середины при разных установках алидады не должно превышать двух делений.

При больших отклонениях теодолит необходимо отправить в мастерскую.

3. Поверка правильности установки сетки нитей зрительной трубы.

После тщательного нивелирования теодолита его трубу наводят на нить отвеса, подвешенную на расстоянии 8 – 12 м от теодолита. Вертикальная нить (биссектор) сетки нитей должна совпадать с нитью отвеса.

При их несовпадении исправляют положение сетки нитей. Для этого снимают предохранительное кольцо и после ослабления торцевых винтов окулярную часть зрительной трубы поворачивают вместе с сеткой нитей до совпадения биссектора с нитью отвеса.

4. Поверка перпендикулярности визирной оси трубы к оси вращения трубы (поверка коллимационной ошибки).

Теодолитом наблюдают отдаленный, хорошо видимый предмет при круге «лево» (КЛ) и круге «право» (КП). По результатам наблюдений вычисляют величину двойной коллимационной ошибки по формуле

$$2C = КЛ – КП \pm 180^{o} \qquad (15)$$

Величина 2С не должна превышать 20" для точных оптических теодолитов. Если величина двойной коллимационной ошибки превышает указанный допуск, ее уменьшают следующим образом:

– вычисляют средний отсчет

$$A = \frac{КЛ + КП \pm 180^o}{2} \qquad (16)$$

– устанавливают средний отсчет на горизонтальном круге и шкале оптического микрометра (при этом изображения противоположных штрихов в поле зрения отсчетного микроскопа разойдутся);

– наводящим винтом алидады совмещают изображения противоположных штрихов в поле зрения отсчетного микроскопа (при этом биссектор сетки нитей зрительной трубы сместится с изображения наблюдаемого предмета);

– отвинчивают предохранительное кольцо, закрывающее винты сетки нитей, и исправительными винтами биссектор сетки нитей совмещают с изображением наблюдаемого предмета.

После исправления коллимационной ошибки повторно проверяют правильность установки сетки нитей.

Пример. При наблюдении предмета получены отсчеты:

КЛ = 21°17'32" и КП = 201°17'06"; 2с = 26".

Вычисляют средний отсчет

$$A = \frac{21^o17'32'' + 201^o17'06'' - 180^o}{2} = \frac{42^o34'38''}{2} = 21^o17'19''$$

3.1.5 Поверка перпендикулярности горизонтальной трубы к вертикальной оси вращения теодолита

Теодолит устанавливают на штативе в 20 – 30 м от стены здания или столба и тщательно нивелируют. Трубу теодолита при круге «лево» наводят на высоко расположенную точку М (угол наклона не менее 30°), совмещают пузырек контактного уровня и снимают отсчет по вертикальному кругу. Затем трубу устанавливают в горизонтальное положение и на стене здания (на столбе) карандашом отмечают проекцию перекрестия сетки нитей b_1 (рисунок 39). То же самое выполняют при круге «право». Между полученными точками измеряют расстояние и вычисляют величину неперпендикулярности по формуле

$$i = \frac{103'' \cdot l \cdot ctg\,\alpha}{d} \qquad (17)$$

где l – расстояние между точками, мм;

α – угол наклона, град.;

d – расстояние от вертикальной оси теодолита до стены здания, м.

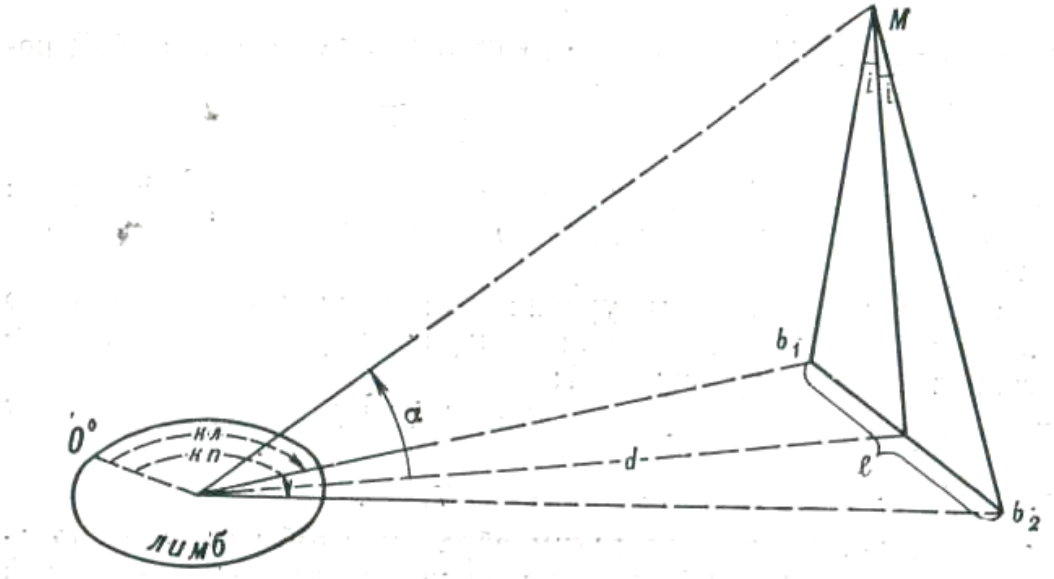


Рисунок 39 – Проверка перпендикулярности горизонтальной оси вращения трубы к вертикальной оси вращения теодолита

Пример. Угол наклона α = 32°,4, расстояние d=17,7 м, расстояние *l* = 0,4 мм:

$$i = \frac{103 \quad 0{,}4 \quad 1{,}67}{17{,}7} = 4'' \ .$$

Если величина *i* превышает 20" для точных оптических теодолитов, их необходимо отправить в мастерскую.

5. Поверка правильности вращения трубы вокруг горизонтальной оси.

Зрительную трубу наводят на нить отвеса и наводящим винтом перемещают в вертикальной плоскости в пределах 2° – 3°. Если при этом замечается отклонение вертикальной нити сетки от нити отвеса, теодолит отправляют в мастерскую.

6. Поверка уровня при алидаде вертикального круга.

Теодолит тщательно нивелируют. Измеряют при круге «лево» и круге «право»; зенитное расстояние на отдаленный, хорошо видимый предмет. Вычисляют место зенита *Mz* и зенитное расстояние *z* по формулам:

$$Mz = \frac{КЛ + КП \pm 360^o}{2} \qquad (18)$$

z = КЛ – Mz = Mz - КП

Пример. При наблюдении предмета теодолитом Т2 получены отсчеты по вертикальному кругу: *КЛ* = 86°34'56" и' *КП* = 273°26'42".

Тогда *Mz* = 0°00'49"; *z* = 86°34'07".

Если величина *Mz* отличается от 0°00'00" более чем на 20", положение уровня исправляют следующим образом:

– трубу теодолита при *КЛ* наводят на ранее выбранный предмет;

– на шкале оптического микрометра устанавливают минуты и секунды вычисленного зенитного расстояния (в примере 4 07");

– установочным винтом уровня при алидаде вертикального круга совмещают противоположные штрихи круга (при этом пузырек уровня сойдет с нульпункта);

– исправительными винтами уровня пузырек уровня приводят на середину.

7. Поверка компенсатора теодолита Т5К.

Теодолит устанавливают таким образом, чтобы один из подъемных винтов подставки был расположен в направлении визирной цели. Теодолит нивелируют, а затем подъемным винтом наклоняют на 3 – 4 деления уровня в направлении визирной цели. Зрительную трубу наводят на визирную цель (выбранную точку) и снимают отсчет по вертикальному кругу. То же самое выполняют при наклоне теодолита в обратном направлении. Разность отсчетов по вертикальному кругу не должна превышать 6".

8. Поверка места нуля теодолита Т5К.

Теодолит и нивелирную рейку устанавливают на расстоянии 10 м друг от друга. При круге «лево» зрительную трубу наводят на произвольный штрих рейки $h_л$ (при небольшом угле наклона) и снимают отсчет $M_л$ по вертикальному кругу. При круге «право» на вертикальном круге устанавливают отсчет $M_п = M_л \pm 180°$ и снимают отсчет по рейке $h_п$. Место нуля в секундах дуги определяется из выражения

$$MO = \frac{h_П - h_Л}{2000}\rho'' \qquad (19)$$

Исправление места нуля выполняется в следующем порядке:

— снимают предохранительное кольцо, защищающее исправительные винты сетки нитей, и ослабляют боковые исправительные винты;

— верхним и нижним исправительными винтами перемещают сетку нитей таким образом, чтобы отсчет по рейке был равен

$$h_i = \frac{h_П + h_Л}{2} \qquad (20)$$

После исправления места нуля определяют величину коллимационной ошибки.

9. Поверка оптического отвеса.

В теодолитах Т2, у которых оптический отвес встроен в алидадную часть, поверку выполняют следующим образом. Теодолит устанавливают на штатив и тщательно нивелируют. Под теодолит на фанере кладут лист бумаги, на которой проектируют центр внутреннего кольца, видимого в поле зрения оптического отвеса. Затем, наблюдая в оптический отвес, поворачивают алидаду на 360°. Изображение спроектированной точки не должно выходить за пределы внутреннего кольца.

Существует еще способ поверки оптического отвеса, общий для всех теодолитов. Поверку выполняют в следующем порядке:

– устанавливают теодолит на штативе на ровной площадке и тщательно нивелируют;

– в 2—3 м от теодолита забивают в землю кол, в его торец втыкают тонкую иглу, на основание которой наводят перекрестие сетки нитей трубы;

– трубу переводят через зенит и на таком же удалении от теодолита забивают второй кол, в торце которого отмечают иглой перекрестие сетки нитей;

– поворачивая алидаду под углами 60° и 120° относительно первого положения, забивают вторую и третью пары кольев с иглами;

– между иглами парных кольев натягивают нити;

– перекрестие сетки нитей оптического отвеса должно совпадать с точкой пересечения натянутых нитей;

– поверку оптического отвеса выполняют повторно, изменив высоту инструмента на 30 – 40 см.

Оптические отвесы целесообразно исправлять в мастерской.

3.1.6 Поверки и юстировки теодолита 2Т30

1. Ось цилиндрического уровня на алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна к вертикальной оси.

Установив уровень по направлению двух подъемных винтов, приводят пузырек на середину. Затем поворачивают алидаду на 90°, ориентируют ось цилиндрического уровня по направлению третьего подъемного винта и его вращением вновь приводят пузырек на середину. Сделав отсчет по лимбу, поворачивают алидаду ровно на 180°. Если пузырек уровня остается на середине, то условие выполнено. В противном случае делают юстировку уровня. Для этого, действуя подъемными винтами, перемещают пузырек на половину дуги отклонения, после чего юстировочными винтами уровня приводят пузырек на середину. После юстировки следует повторить поверку.

Если при повороте алидады на 180° пузырек упирается в конец, ампулы, то величина отклонения пузырька определяется шагом подъемных винтов.

2. Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси.

Выбирают точку местности, при наблюдении на которую зрительную трубу устанавливают приблизительно горизонтально.

Приведя вертикальную ось прибора в отвесное положение, визируют на эту точку при двух положениях круга (*КЛ* и *КП*) и делают отсчеты $Л_1$ и $П_1$.

Затем, открепив закрепительный винт горизонтального круга, поворачивают теодолит примерно на 180° и визируют на ту же точку. Взяв отсчеты $Л_2$ и $П_2$, вычисляют значение коллимационной ошибки по формуле

$$C = 0{,}25[(Л1 – П1 \pm 180°) + (Л2 – П2 \pm 180°)]. \qquad (21)$$

Для контроля повторяют определение *С* визированием на вторую точку и вычисляют среднее арифметическое значение C_o (колебание С не должно превышать 1'). Если среднее арифметическое значение коллимационной погрешности превышает 2', то производят исправление. Для этого устанавливают на лимбе отсчет, равный $Л_{испр} = Л – C_o$ (или $П_{испр} = П + C_o$), и боковыми юстировочными винтами сетки совмещают её перекрестие с изображением точки наблюдаемого предмета. После этого проводят контрольные измерения.

3. Горизонтальная ось должна быть перпендикулярна к вертикальной оси. Теодолит устанавливают на штативе на расстоянии 3 - 5 м от стены. Выбирают и отмечают на стенде точку под углом 25° - 35° к горизонту. Приведя вертикальную ось прибора в отвесное положение, визируют на эту точку, а затем, наклоняя зрительную трубу до горизонтального положения (с погрешностью $\pm 1^o$), отмечают на стене проекцию перекрестия сетки. Затем переводят трубу через зенит, поворачивают алидададу на 180° и определяют смещение отмеченной точки относительно вертикального штриха сетки нитей в долях ширины биссектора. Поверку повторяют и определяют среднее арифметическое смещение нижней точки из двух определений.

Разность между значениями смещений при первом и втором определении наклона горизонтальной оси не должна превышать 1/4 ширины биссектора. При среднем значении смещения точки более чем на ширину двух биссекторов (что соответствует наклону оси более 1') необходимо устранить недостаток в мастерских.

4. Основной вертикальный штрих сетки нитей должен быть перпендикулярен к горизонтальной оси.

Приводят вертикальную ось прибора в отвесное положение и визируют на хорошо видимую цель местности. Вращая трубу наводящим винтом, наблюдают, сходит ли изображение цели местности с основного вертикального штриха сетки нитей. Если изображение точки не сходит со штриха, то условие считается выполненным. В противном случае, ослабив винты, скрепляющие окуляр с корпусом трубы, поворачивают его так, чтобы условие оказалось выполненным. После этого поверка повторяется.

5. Место нуля вертикального круга должно быть известно или приведено к нулю.

Наблюдают при обоих положениях вертикального круга (КЛ и КП) на две-три удаленные точки местности и вычисляют место нуля (МО) по формуле:

$$П_{испр} = Л – МО_{ср}$$

где $МО_{ср}$ - среднее арифметическое значение места нуля.

Действуя наводящим винтом зрительной трубы (рисунок 37), устанавливают на лимбе вертикального круга исправленный отсчет $П_{испр}$. После это-

го вертикальными юстировочными винтами сетки нитей совмещают изображение наблюдаемого предмета с горизонтальным штрихом (центром сетки нитей). Для контроля исправления рекомендуется определить вновь значение МО.

Перед отсчитыванием необходимо убедиться, что пузырек уровня при алидаде горизонтального круга находится на середине. При необходимости его выводят на середину подъемными винтами. Колебания МО при наблюдении на различные точки не должны быть более 1', что говорит о правильности наблюдений.

Если среднее арифметическое значение места нуля более 2', то его исправляют следующим образом. Наводят зрительную трубу на удаленную визирную цель и делают отсчеты Л и П по вертикальному кругу. Вычисляют исправленное значение отсчета при круге лево.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Цель проведения поверок теодолитов и кем они выполняются?
2. Перечислить поверки оптических теодолитов Т2, 2Т30 и указать значения допусков, установленных для каждой из них.
3. Рассказать о порядке выполнения каждой поверки Т2, 2Т30.
4. Вычислить величину неперпендикулярности горизонтальной оси вращения трубы к вертикальной оси вращения теодолита:

$\alpha = 29°,7$;	$\alpha = 33°,4$;	$\alpha = 37°,6$;
$d = 18,3$ м;	$d = 15,4$ м;	$d = 19,6$ м;
$l = 1,1$ м;	$l = 2,1$ мм;	$l = 4,3$ мм.

3.1.7 Подготовка теодолита к работе. Правила обращения с теодолитом

Подготовка теодолита к работе на точке включает:

– установку раздвижного штатива над точкой;
– установку теодолита на штатив;
– центрирование и нивелирование теодолита;
– фокусирование зрительной трубы и отсчетного микроскопа;
– подключение освещения.

Перед установкой раздвижного штатива над точкой его ножки выдвигаются на высоту, обеспечивающую удобство проведения измерений, и закрепляются. Затем штатив небольшими перемещениями или изменением, длины ножек устанавливают над точкой. После этого на головку штатива устанавливают теодолит и крепят его становым винтом. Подъемные винты подставки теодолита выводятся в среднее положение.

Центрирование и нивелирование теодолита над точкой производятся с помощью нитяного или оптического отвеса несколькими приближениями. Для этого:

– ножки штатива последовательно утапливаются в грунт так, чтобы пузырек уровня вышел примерно на середину;

– ослабляется становой винт и теодолит устанавливается по нитяному или оптическому отвесу примерно над точкой;

– становой винт затягивается и подъемными винтами пузырек уровня выводится точно на середину;

– ослабляется становой винт и теодолит по отвесу точно устанавливается над точкой;

– становой винт затягивается и.проверяется точность центрирования и нивелирования теодолита.

Фокусирование зрительной трубы и отсчетного микроскопа выполняется следующим образом. Сначала вращением окулярного кольца зрительной трубы добиваются резкого изображения сетки нитей. Затем вращением фокусирующего кольца зрительной трубы добиваются четкого изображения визирной цели. Четкого изображения шкалы отсчетного микроскопа и штрихов круга (горизонтального или вертикального) добиваются вращением окулярного кольца отсчетного микроскопа.

После подключения освещения проверяется равномерность освещения изображений угломерных кругов и шкалы отсчетного микроскопа.

При измерении углов теодолитом необходимо соблюдать следующие правила:

– теодолит из ящика вынимать только после установки штатива, от ящика до штатива теодолит переносить за подставку;

– не оставлять теодолит на штативе без присмотра;

– использовать среднюю часть наводящих винтов алидады и трубы, работу наводящими винтами заканчивать ввинчиванием;

– алидаду вращать за колонку, а зрительную трубу - за окулярную часть трубы плавно, без применения больших усилий;

– отклонение пузырька уровня от нуль-пункта в течение приема не должно быть более 2 делений, приводить пузырек уровня на середину необходимо в промежутке между приемами;

– переносить теодолит с точки на точку на штативе разрешается только на короткие расстояния, удерживая его вертикально, в остальных случаях теодолит переносить в ящике (футляре);

– при укладке теодолита в ящик (футляр) закрепительные винты алидады и зрительной трубы отпускать, а после укладки теодолита затягивать;

– при перевозке на автомобиле ящик (футляр) с теодолитом держать на руках или устанавливать на мягкую подкладку.

3.1.8 Измерение горизонтальных углов

Горизонтальные углы измеряются способом измерения отдельного угла и способом круговых приемов.

Способ измерения отдельного угла применяется в случае, когда на точке имеются два направления (рисунок 40). В зависимости от требуемой точности измерения выполняются:

– одним приемом с перестановкой лимба между полуприемами;

– несколькими приемами.

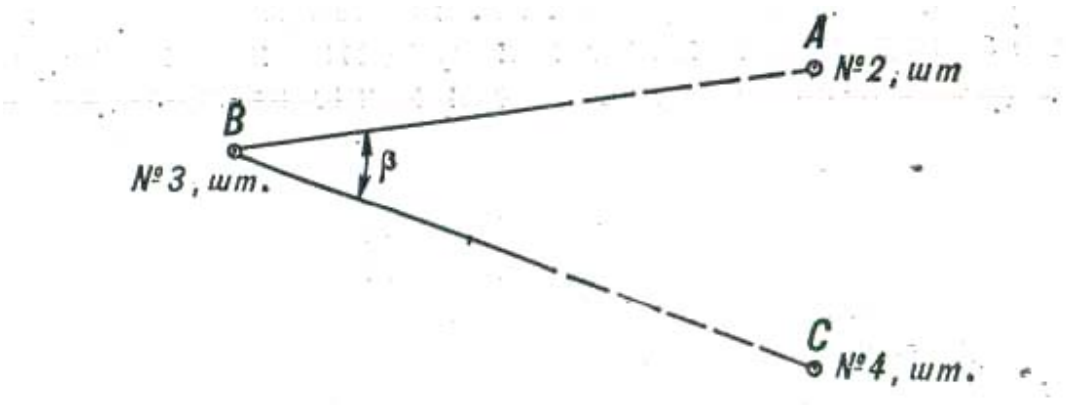


Рисунок 40 – Измерение отдельного угла

Порядок измерения угла одним приемом с перестановкой лимба следующий:

– при круге «лево» трубу теодолита наводят на точку А так, чтобы изображение вертикального штриха марки (предмета) находилось в биссекторе сетки нитей зрительной трубы;

– устанавливают горизонтальный круг на отсчет, близкий к 0°;

– проверяют наведение трубы на точку А, дважды совмещают противоположные штрихи горизонтального круга и снимают отсчеты по оптическому микрометру;

– вращая алидаду по ходу часовой стрелки, трубу наводят на точку С и снимают отсчеты.

Указанные действия составляют полуприём, затем:

– горизонтальный круг переставляют на произвольный угол, трубу переводят через зенит, наводят на точку С и снимают отсчеты;

– вращая алидаду против хода часовой стрелки, трубу теодолита наводят на точку А и снимают отсчеты.

Указанные действия составляют второй полуприем.

Результаты измерений записывают в журнал установленной формы. Не разрешается делать записи на отдельных листах. Полевой журнал должен содержать данные непосредственных измерений .и все необходимые пояснения. Переписывание полевых журналов не разрешается. Запись в журналах ведут простым карандашом аккуратно, четким почерком (рисунок 27). Неправильно написанное зачеркивают так, чтобы зачеркнутое можно было прочитать, сверху записывают правильные данные. При исправлении чисел, зачеркивают все число, а не отдельные его цифры. Новое число записывают

сверху. Исправление отсчетов секунд, пользование резинкой, а также исправление цифр по цифрам или букв по буквам не разрешается.

Названия одних и тех же пунктов, встречающихся в различных полевых материалах, должны быть одинаковые. Точно так же должно быть полное соответствие одних и тех же числовых данных, записанных в различных журналах.

Полевые журналы должны быть аккуратно оформлены. Название наблюдаемого пункта записывают на каждой странице журнала. Названия наблюдаемых направлений пишут в каждом приеме. Погоду и видимость указывают на каждом пункте в начале и конце наблюдений, а также при существенных их изменениях, а число, месяц и время – в начале и конце наблюдений на каждом пункте.

На титульном листе журнала записывают год производства работ, номер журнала, номер теодолита, фамилию наблюдателя и условное наименование части. Страницы полевого журнала нумеруют чернилами, а число страниц в нем заверяют подписью соответствующего начальника.

Пример записи и обработки результатов измерений отдельного угла одним приемом приведен в таблице 11.

Таблица 11 – Запись и обработка измерений отдельного угла одним приёмом

Пункт: *№ 3, штатив*
Дата: *27.07.70 г.*
Время*: 9 ч 40 мин*

Погода: *ясно*
Приём I
Видимость: *хорошая, изображение отчетливое*

Название направления	Круг	Отсчет по штрихам лимба	Отсчет по микрометру		$\frac{\alpha_1+\alpha_2}{2}$	$\frac{Л+П}{2}$	Значение направления
			α_1	α_2			
№ 2, шт.	Л	0°00'	30"	32"	31"	51'13"	212°51'18"
	П	96 34	31	30	30		
	Л	212 51	43	44	44		
№ 4, шт.						51'13"	
	П	309 25	54	52	53		

Порядок измерений отдельного угла несколькими приемами остаётся тот же. Особенность заключается только в том, что между полуприемами лимб не переставляется и второй полуприём при круге «право» выполняется на той же установке горизонтального круга. При переходе от одного приема к другому горизонтальный круг переставляется на угол

$$\sigma = \frac{180^o}{m} + \frac{60'}{m}, \qquad (22)$$

где m – число приемов,

Пример. При измерении угла четырьмя приемами установки лимба будут:

I прием – 0°00', III прием– 90°30',

II прием – 45°15', IV прием – 135°45'.

Пример записи и обработки результатов измерения отдельного угла несколькими приемами дан в таблице 12.

Таблица 12 – Запись и обработка измерений отдельного угла несколькими приёмами

Пункт: *0119*
Дата: *27.07.70 г.*
Время: *9 ч 40 мин*

Погода: *ясно, ветер*
Приемы I, II
Видимость: *хорошая, изображение отчетливое*

Название направления	Круг	Отсчет по штрихам лимба	Отсчет по микрометру		$\frac{\alpha_1+\alpha_2}{2}$	$\frac{Л+П}{2}$	Значение направления
			α_1	α_2			
ОРП-1	Л	0°00'	40"	41"	40"		
	П	180 00	40	42	41	00'40"	0o00'00"
ОРП-2	Л	24 17	03	03	03		
	П	204 17	03	03	03	17 03	24 16 23
ОРП-1	Л	90 30	12	13	12		
	П	270 30	14	14	14	30 13	0 00 00
ОРП-2	Л	114 46	41	40	40		
	П	294 46	38	38	38	46 39	24 16 26

Среднее значение из двух приёмов: ОРП-1 0°00'00"
ОРП-2 24 16 24

Способ круговых приемов применяется, когда на пункте имеется несколько направлений (три и более). Сущность его состоит в последовательном наведении трубы теодолита (рисунок 41) на наблюдаемые пункты от начального до последнего с повторным наведением трубы на начальный пункт (замыкание горизонта). За начальное направление принимается хорошо видимый и наиболее удаленный пункт.

Порядок измерения углов способом круговых приемов следующий:

– при круге «лево» трубу теодолита наводят на пункт, который принят за начальный (№ 127);

– горизонтальный круг устанавливают на отсчет, близкий к 0°;

– проверяют наведение трубы на начальный пункт, дважды совмещают противоположные штрихи горизонтального круга и снимают отсчеты по оптическому микрометру;

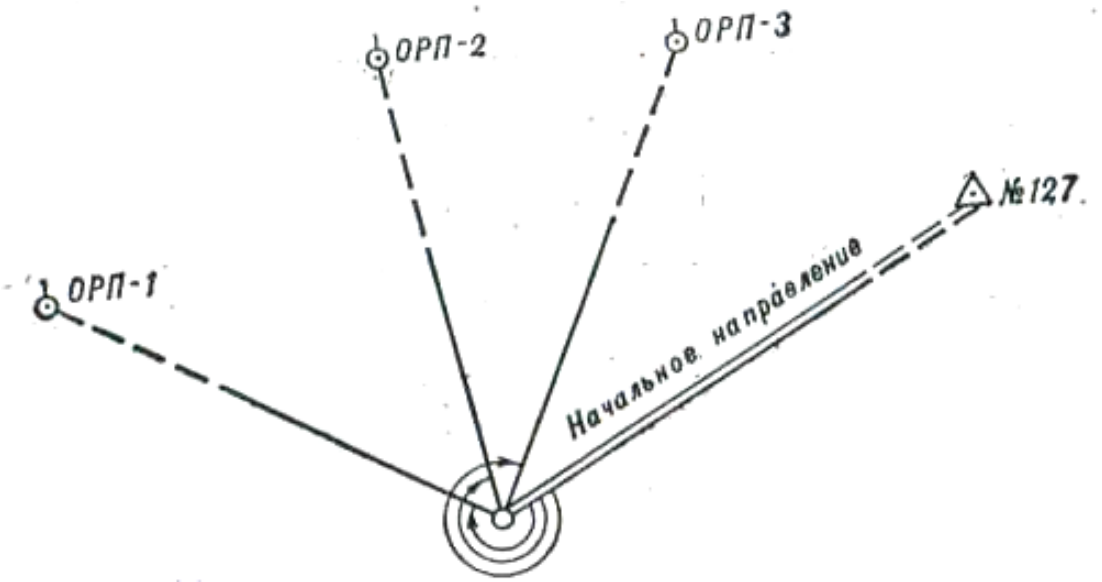


Рисунок 41 – Измерение углов способом круговых приёмов

– вращая алидаду по ходу часовой стрелки, трубу теодолита наводят последовательно на все наблюдаемые пункты (ОРП-1,2,3) и снимают отсчеты; полуприем заканчивается повторным наведением трубы теодолита на начальный пункт (№ 127);

– трубу переводят через зенит, наводят на начальный пункт и снимают отсчеты;

– вращая алидаду против хода часовой стрелки, трубу теодолита наводят поочередно на все пункты, но в обратном порядке и снимают отсчеты;

– второй полуприем также заканчивается повторным наведением на начальный пункт.

При переходе от одного приема к другому горизонтальный круг переставляется на угол σ по формуле (22).

Прием записи и обработки результатов измерения углов способом круговых приёмов приведен в таблице 13.

Результаты наблюдений контролируются:

– по разности отсчетов при двойном совмещении противоположных штрихов горизонтального круга;

– по не замыканию горизонта;

– по расхождению значений направлений из отдельных приемов.

Если измерения не удовлетворяют установленным допускам, они повторяются на тех же установках лимба. Первоначальные значения переделанных приемов в обработку не включают.

Таблица 13 – Запись и обработка измерений углов способом круговых приёмов

Пункт: *ГТ-1* Погода:*ясно,ветер* Прием I

Дата: *27.07.70 г.* Видимость: *хорошая, изображение отчетливое*

Время: *9 ч 30 мин*

Название направления	Круг	Отсчет по штрихам лимба	Отсчет по микрометру		$\frac{\alpha_1+\alpha_2}{2}$	$\frac{Л+П}{2}$	Значение направления
			α_1	α_2			
№ 127	Л	0°00'	14"	16"	15"	22″ / 00′20	0°00'00"
	П	180 00	27	25	26		
ОРП-1	Л	56 24	26	26	26	24 30	56 24 08
	П	236 24	33	35	34		
ОРП-2	Л	174 30	39	41	40	30 44	174 30 22
	П	354 30	47	49	48		
ОРП-3	Л	212 17	24	26	25	17 27	212 17 05
	П	32 17	28	30	29		
№ 127	Л	0 00	19	21	20	00 23	-
	П	180 00	27	26	26		

Не замыкание $\Delta_Л$ = - 5"; $\Delta_П$ = 0".

Если отдельные направления в приеме не удовлетворяют допуску на колебание направлений в приемах, такие направления разрешается перенаблюдать совместно с начальным. Наблюдения на пункте повторяют, заново, если более 30 % приемов или направлений подлежат переделке. Перед повторением наблюдений на пункте проверяются установка теодолита и штатива (крепление внутренней пирамиды и инструментального столика сигнала), условия прохождения визирных лучей и выбираются более благоприятные условия видимости визирных целей.

По окончании наблюдений на пункте в журнале составляется сводка результатов измерений горизонтальных направлений и вычисляются средние значения измеренных направлений и их средние квадратичные ошибки.

Пример вычисления средних значений измеренных направлений на пункте и оценки точности полученных результатов измерений приведен в таблице 14.

Средняя квадратичная ошибка направления из одного приема

$$\mu = \pm K \frac{\sum |\nu|}{n} = \pm 0{,}23 \frac{44{,}2}{4} = \pm 2'',6. \qquad (23)$$

Таблица 14 – Вычисление средних значений измеренных направлений

Начальное направление № 127 0°00'00",0		Название пункта: *ГТ-1*					
№ приема	Установка лимба	ОРП-1		ОРП-2		ОРП-3	
		величина угла	*v*	величина угла	*v*	величина угла	*v*
I	0°00	56° 24' 08"	- 4",0	174° 30' 22"	- 0",7	212° 17' 05"	- 1",8
II	30 10	12	0,0	20	-2,7	04	- 2,8
III	60 20	16	+ 4,0	21	-1,7	08	+ 1,2
IV	90 30	11	- 1,0	27	+4,3	10	+ 3,2
V	120 40	14	+ 2,0	20	-2,7	03	- 3,8
VI	150 50	11	- 1,0	26	+3,3	11	+ 4,2
Среднее		56°24'12",0				212° 14' 06",8	
Σ (+ *v*) Σ (- *v*)			+ 6,0 - 6,0		+ 7,6 - 7,8		+ 8,4 - 8,4
Σ | *v*|							44,2

Средняя квадратичная ошибка среднего значения направления из 6 приемов

$$M = \pm\frac{\mu}{\sqrt{m}} = \pm\frac{2{,}6}{\sqrt{6}} = \pm 1'',0, \qquad (24)$$

где *n* – число направлений;

m – число приемов.

Для 6 приемов К = 0,23; для 9 приемов К = 0,15.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Перечислить способы измерения горизонтальных углов и рассказать об их сущности?

2. Рассказать о порядке измерения отдельного угла несколькими приемами?

3. Рассказать о порядке измерения углов способом круговых приемов?

4. Рассчитать установки горизонтального круга для измерения углов 4, 6 и 9 приемами.

5. Вычислить средние значения и оценить точность измерения направлений. Начальное направление: № 139 0°00'00".

№ приема	Название направления		
	ОРП-1	ОРП-2	ОРП-3
I	17° 49'57"	49° 59'58"	84° 16'12"
II	49 55	50 00 04	16 18
III	50 03	00 09	16 13
IV	50 01	49 59 59	16 17
V	50 00	50 00 01	16 14
VI	49 59	00 03	16 15

3.1.9 Измерение вертикальных углов

Вертикальные углы измеряются для определения превышений между точками. Измерение вертикальных углов выполняется, как правило, по одной (средней) нити.

Порядок измерения вертикальных углов следующий:

– при круге «лево» среднюю горизонтальную нить зрительной трубы теодолита наводят на верхний срез визирной цели (наблюдаемого предмета);

– пузырек уровня при алидаде вертикального круга установочным винтом выводят на середину (совмещают концы пузырька контактного уровня);

– проверяют наведение трубы на предмет, дважды совмещают противоположные штрихи вертикального круга и снимают отсчеты по оптическому микрометру;

– зрительную трубу переводят через зенит и при круге «право» выполняют все операции по наведению трубы, установке уровня и снятию отсчетов.

Перечисленные действия составляют один прием измерений. В полевом журнале обязательно зарисовывают изображение визирной цели и вычисляют место зенита *Mz* (или место нуля *MO*); а также зенитное расстояние *z* (или угол наклона α) направления на предмет.

Пример записи результатов измерения в полевом журнале и вычисления места зенита и зенитного расстояния приведен в таблице 15.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Рассказать о порядке измерения вертикального угла по одной нити?

2. Написать формулы вычисления места зенита и зенитного расстояния при измерении вертикальных углов?

Таблица 15 – Запись и вычисление места зенита и зенитного расстояния

Погода: *ясно, тихо* Название пункта: *№ 1*, *шт*

Дата: *21 июля*

Видимость: *хорошая*

Время: *12 ч 10 мин*

Высота инструмента 1,25м

Продолжение таблицы 15

Наблюдаемый пункт (название, объект наведения, горизонтальное направление и зарисовка)	Отсчеты		Место зенита	Зенитное расстояние	Заметки
	Л	П			
	величина угла	величина угла	величина угла	величина угла	
№ 122, сигн. В. В. Ц. 38° 17'	90°05'28"29" 30	269°55'08"09" 10	0°00'19"	90°05'10"	Знак на фоне леса, виден нечетко

3.1.10 Определение элементов приведения

При проведении угловых измерений на пунктах теодолит устанавливается на штативе, а в качестве объектов наблюдения на смежных пунктах используются визирные цилиндры геодезических знаков.

В силу целого ряда причин, связанных со строительством и эксплуатацией геодезических знаков, оси их визирных цилиндров в большинстве случаев не совпадают с центрами пунктов (рисунок 42). Поэтому полученные результаты измерений не будут соответствовать значениям углов между центрами пунктов.

С целью исправления результатов измерений и приведения их к центрам пунктов вычисляются и вводятся в измеренные направления специальные поправки.

Поправки в результаты измерений за внецентренную установку теодолита на пункте наблюдения называются поправками за центрировку.

Поправки в результаты измерений за несовпадение осей визирных цилиндров с центрами наблюдаемых пунктов называются поправками за редукцию.

Поправки за центрировку c (рисунок 43) и за редукцию r, вычисляются для каждого измеренного направления по формулам:

$$c = \frac{2{,}06l}{D}\sin(M + \theta); \qquad (25)$$

$$r = \frac{2{,}06l}{D}\sin(M + \theta_1), \qquad (26)$$

где l и l_1 – линейные элементы центрировки и редукции, см;

Θ и Θ_1 – угловые элементы центрировки и редукции;

M – значение измеренного направления, для которого вычисляют поправку;

D – расстояние между пунктами, км.

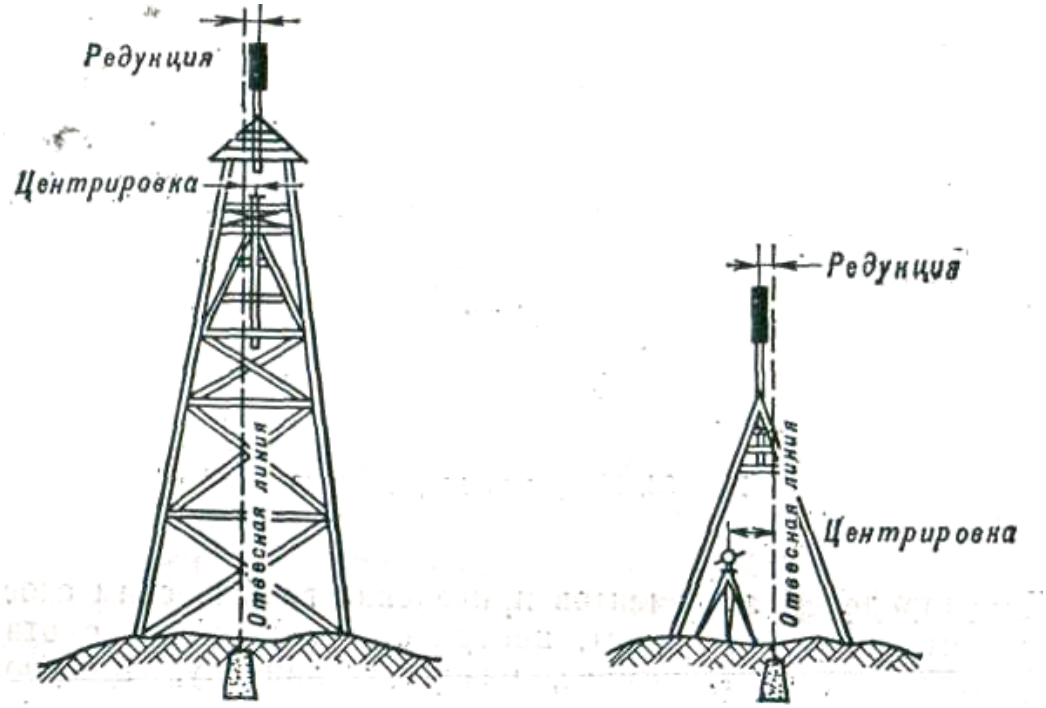


Рисунок 42 – Внецентренное положение теодолита и визирной цели

Знаки поправок определяются знаками синусов углов ($M + \Theta$) и ($M + \Theta_1$). Если величина углов ($M + \Theta$) и ($M + \Theta_1$) менее 180°, то поправки c и r имеют знак плюс, если больше 180° – минус.

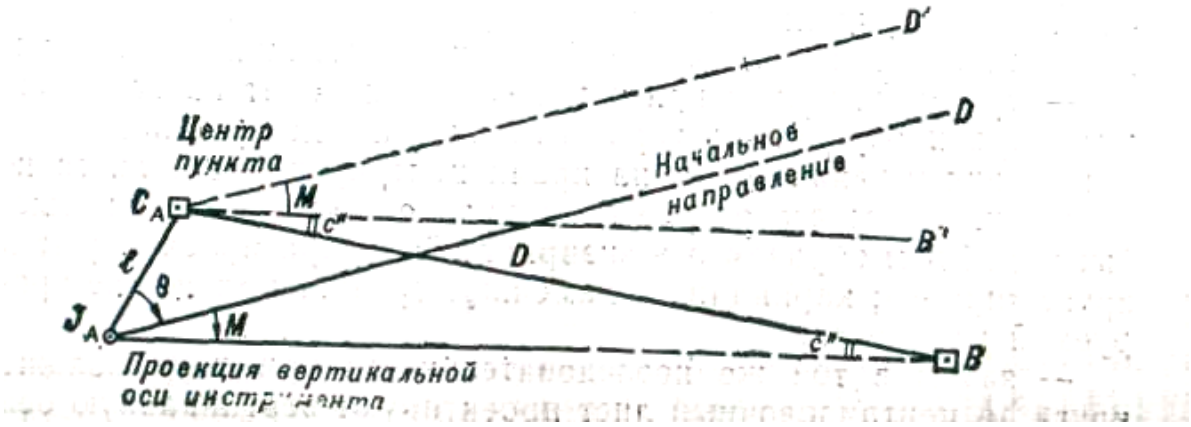


Рисунок 43 – Поправка за центровку

Элементы центрировки l и Θ и редукции l_1 и Θ_1 называются элементами приведения и определяются на каждом пункте независимо от их величины. Наиболее распространенным способом определения элементов приве-

дения является графический способ. Он применяется при небольших величинах линейных элементов приведения, обычно не превышающих 0,5 м.

Суть способа состоит в том, что элементы приведения l, Θ, l_1 и Θ_1 получают в результате проектирования центра пункта вертикальной оси теодолита и оси визирного цилиндра с помощью теодолита на лист бумаги (центрировочный лист).

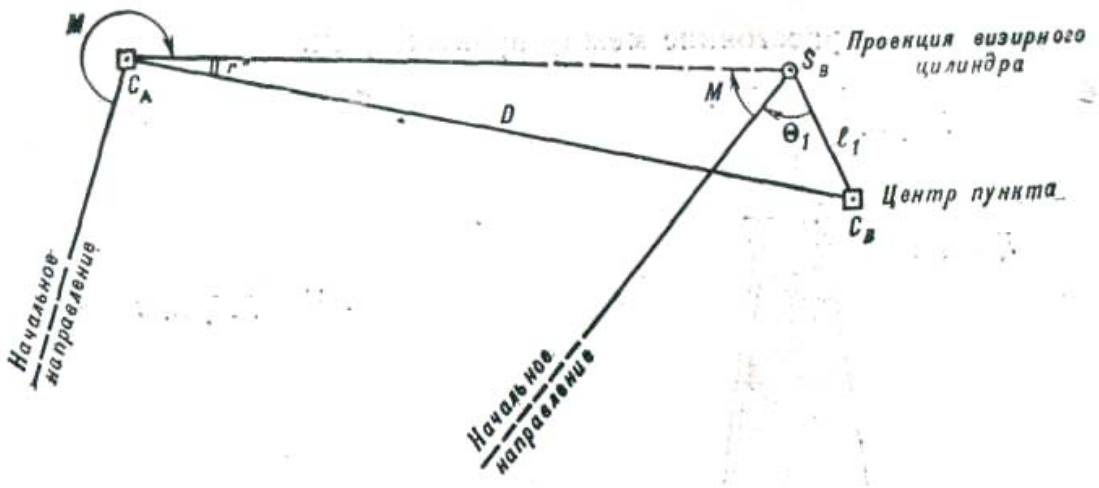


Рисунок 44 – Поправка за редукцию

Для определения элементов приведения графическим способом необходимо иметь: теодолит, центрировочный столик с отвесом, центрировочный лист, компас, визирную линейку, транспортир, кнопки.

Порядок определения элементов приведения графическим способом следующий:

– вскрывают центр пункта и над ним по отвесу устанавливают центрировочный столик с центрировочным листом;

– выбирают три точки, примерно под углом 60°, на расстоянии от центра пункта не менее полуторной – двойной высоты геодезического знака и на одной из них устанавливают теодолит;

– трубу теодолита при круге «лево» наводят на ось визирного цилиндра и опускают в горизонтальное положение, помощник наблюдателя устанавливает на краях центрировочного листа карандаш так, чтобы его острие совпадало с вертикальной нитью трубы; подобным образом ось визирного цилиндра проектируют и при круге «право»; карандашом намечают среднее положение проектируемой плоскости;

– затем в той же последовательности при двух положениях круга на центрировочный лист проектируют вертикальную ось теодолита и центр пункта;

– теодолит переносят на следующие точки, на которых проектирование точек C, J и S выполняется в том же порядке.

Для каждой из проектируемых точек все три следа должны пересечься в одной точке, но вследствие неизбежных ошибок проектирования получа-

ются треугольники погрешностей. Если размеры сторон этих треугольников не превышают установленных допусков, в каждом из них намечают на глаз центр, который принимают за проекцию соответствующей точки.

Для нахождения линейных элементов l и l_1 проекция точки C соединяется с точками J и S. Линейные элементы измеряются с точностью до 1 мм. Для нахождения угловых элементов Θ и Θ_1 из точек J и S с помощью визирной линейки на центрировочном листе прочерчиваются направления на два видимых с земли пункта ГГС.

Центрировочный лист №3

Пункт № 142, сигн.
Контрольный угол №147, пир.- № 156, пир.
На чертеже 133°50'
Из наблюдений 134°10'
Элементы редукции:
I_1 = 0.410
Θ_1 = 3.0'10'
Начальное направление
на пункт № 147, пир.
Для направлений:
№ 147, пир.

.Элементы центрировки:
1 = 0.240
Θ = 55°40'
Начальное направление на
пункт N147, пир.
Для направлений'.
№ 147, пир.
Шт № 1
№ 156, пир.

Если с земли не видно пунктов, направления прочерчиваются на вехи, инструментально установленные с помощью теодолита в створах двух каких-либо пунктов, и на ориентирные пункты.

Угловые элементы измеряются транспортиром. Угол между направлениями на пункты, измеренный графически, не должен отличаться от угла, измеренного на пункте теодолитом, более чем на 2°. Пример оформления центрировочного листа показан на рисунке 45.

Пример вычисления поправок за центрировку и редукцию приведен в таблице 16.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Почему возникает необходимость введения в измеренные направления поправок за центрировку и за редукцию?

2. Рассказать о последовательности работы по определению элементов приведения графическим способом.

3. Вычислить поправки за центрировку и за редукцию на пункте № 96, сигнал 2 кл., если l = 0,341 м; Θ =72°00; l = 0,211 м; Θ_1 = 15°30'; M_1 = 0°00'; M_2 = 56°17'; M_3 = 123°19'; D_1 = 9281 м; D_2 = 4240 м; D_3 = 6184 м.

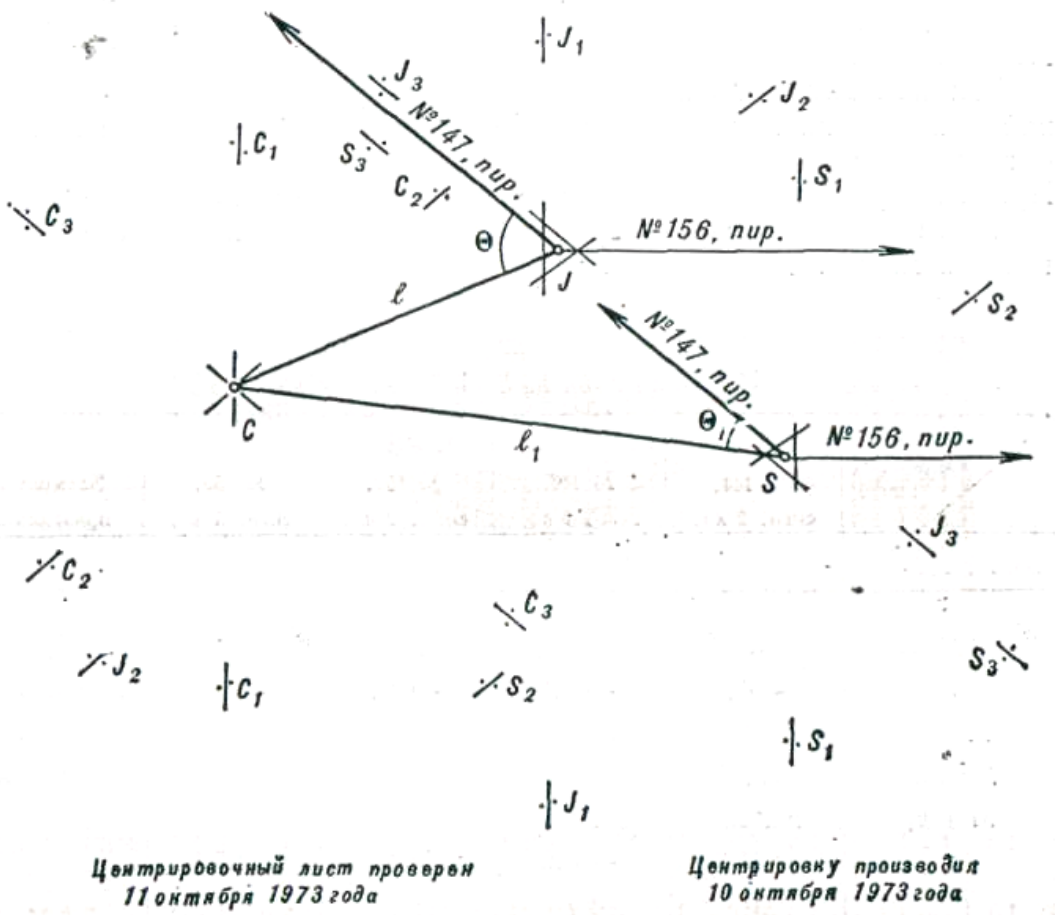


Рисунок 45 – Центировочный лист

Таблица 16 – Вычисление поправок за центровку и редукцию

Название пункта: № 147, сигн. 2 кл.

Название направления Обозначения	№ 144, сигн. 2 кл.	№ 146, сигн. 2 кл.	№ 152, сигн. 2 кл.	№ 156, сигн. 2 кл.	Элементы приведения
M *c* *M* + *Θ* *D, км* *M* + *Θ₁* *r*	0°0' + 0",5 86°30' 11,48 162°30' + 1",3	98°38' - 0",1 185°08' 7,02 261o08' - 0",9	177°25' - 0",7 263°55' 8,68 339o55' - 0",3	261°17' - 0",2 347°47' 6,87 63°47' + 2",4	l = 0,028 м Θ = 86°30' l_1 = 0,046 м Θ_1 = 162°30'

3.2. Приборы для измерения расстоянии

Для измерения расстояний применяются следующие мерные приборы:
– ленты землемерные ЛЗ-20 и ЛЗ-24;
– оптические дальномеры;
– светодальномеры.

3.2.1 Землемерные стальные ленты

Землемерные ленты применяются для измерения расстояний с относительной ошибкой 1:1000 – 1:2000. Комплект рабочих мер (рисунок 54) как правило, состоит из двух землемерных лент 20-метровой длины (ЛЗ-20) и одной землемерной ленты 24 – метровой длины (ЛЗ-24). К каждой ленте придается 11 стальных шпилек с двумя застегивающимися кольцами и одна кольцевая оправа для свертывания ленты.

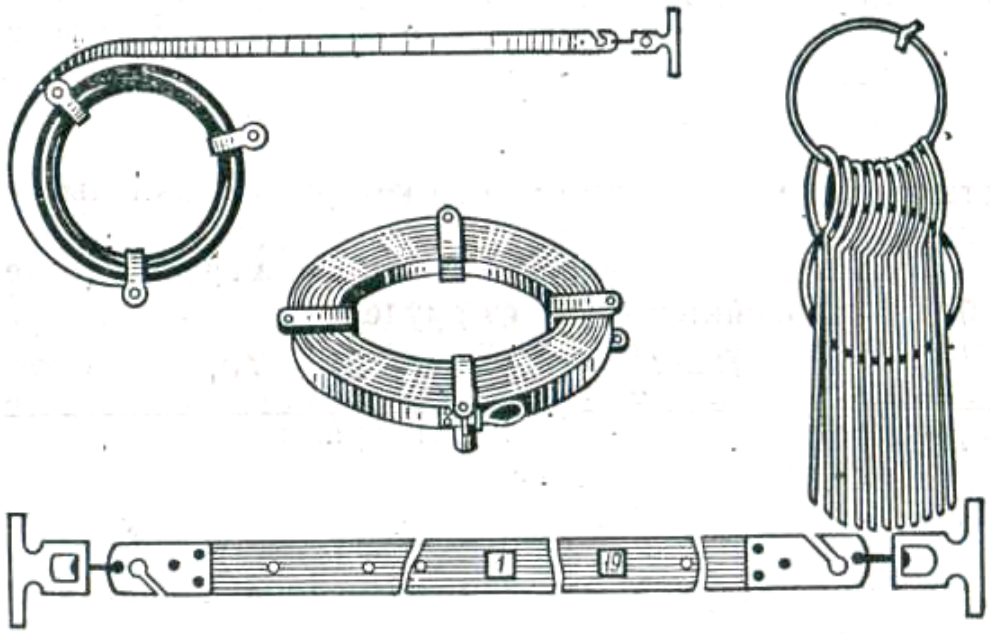


Рисунок 46 – Землемерная лента с комплектом шпилек

Для фиксирования положения ленты на ее концах имеются прорези для вставки шпилек при измерениях. Оцифровка выполнена с двух сторон ленты: от 0 до 20 м с одной стороны и от 20 м до 0 – с другой. Как 20-метровые, так и 24-метровые ленты разделены на 20 частей. При этом метры на лентах отмечены пластинками, прикрепленными к ленте с обеих сторон двумя заклепками, а полуметры и дециметры – круглыми сквозными отверстиями, расположенными по продольной оси ленты. Чтобы различить указанные ленты по длине, измеряется линейкой расстояние между дециметровыми делениями. На 20 – метровой ленте оно равно 10 см, а на 24 – метровой – 12 см. С получением землемерных лент со склада, а также перед началом

полевых работ необходимо проверить действительную длину ленты. Работа по проверке длины лент называется компарированием.

Компарирование осуществляется путем сравнения длин рабочих лент с длинами двух нормальных лент, каждая из которых имеет аттестат с уравнением длины и в полевых работах не используется. Для этого на ровном участке местности, как правило, в геодезическом городке или на обочине дороги разбиваются два базиса длиной 20 и 24 м. На концах базисов вровень с землей забиваются колья диаметром 10 – 12 см, к которым прикрепляются линейки длиной 15 см, ориентированные нулевыми концами в направлении задней точки базиса.

Работа по компарированию выполняется в следующем порядке:

– измерение длины базиса двумя нормальными лентами;

– измерение длины базиса рабочими лентами;

– повторное измерение длины базиса двумя нормальными лентами. При измерении длины базиса ленты натягиваются (динамометрами) с усилием 10 кг. Длина базиса каждой лентой измеряется шесть раз. При измерении одновременно снимаются отсчеты по линейкам против штрихов ленты на заднем З и переднем П концах базиса. После каждой пары отсчетов лента сдвигается на 10 – 15 мм. Колебания разностей отсчетов (*П – З*) не должны превышать 3 мм. Температура ленты в ходе измерений определяется с точностью до 1°С по термометру, который подкладывается под ленту на землю.

Длина базиса В вычисляется из всех измерений (отдельно по каждой нормальной ленте) по формуле

$$B = l_H - (П - З) + \alpha\,(t - t_0) \qquad (27)$$

где $l_Н$ – длина нормальной ленты при температуре t_0 (выбирается из аттестата); (*П – З*) – среднее значение разностей отсчетов по линейкам на переднем и заднем концах базиса, мм;

t_0 – температура, к которой приведена длина нормальной ленты (выбирается из аттестата);

t – температура при измерении длины базиса;

α –коэффициент линейного расширения ленты (для стальной 20-метровой ленты α = 0,25 мм на 1 °С, для 24-метровой ленты α = 0,30 мм на 1 °С).

Расхождение значений длины базиса при измерениях разными нормальными лентами не должны превышать 3 мм. За окончательную длину базиса принимается среднее значение.

Длина рабочей ленты вычисляется для температуры t_o по формуле

$$l_0 = B_0 + (П - З) - \alpha(t - t_0) \qquad (28)$$

B_0 – длина базиса;

(*П–З*) – среднее значение разностей отсчетов по линейкам на переднем и заднем концах базиса, мм;

t_0 – температура, к которой приводится длина рабочей ленты;

t – температура при компарировании рабочей ленты. Уравнение длины рабочей ленты записывается в аттестат и имеет вид

$$l_0 = l_0 + \alpha(t - t_0), \qquad (29)$$

Пример записи и вычислений в журнале компарирования рабочей ленты приведен в таблице 17.

3.2.2 Измерение линий мерными лентами

Длины линий измеряются, как правило, двумя лентами. Измерение линий каждой лентой выполняет команда из двух мерщиков – переднего и заднего. Старшим команды является задний мерщик. В ночных условиях в команду включается третий мерщик, который показывает заднему мерщику шпильку, установленную передним мерщиком.

Перед началом измерений ленты разматывают и вытягивают в направлении измеряемой линии. Оцифровка ленты должна возрастать по ходу измерений. Передний мерщик оставляет заднему одну шпильку, а остальные забирает с собой. Задний мерщик устанавливает шпильку на начальной точке измеряемой линии и зацепляет задний конец ленты прорезью за шпильку, затем направляет переднего мерщика по створу измеряемой линии. Когда лента окажется в створе линии, передний мерщик встряхивает ленту, натягивает ее и через прорезь в переднем конце ленты втыкает в землю первую шпильку. Таким образом, длина ленты окажется отложенной первый раз. Задний мерщик вытаскивает сию шпильку, надевает ее на кольцо и дает команду переднему мерщику на перемещение ленты вдоль измеряемой линии. Задний мерщик, подойдя к шпильке, поставленной передним, командует: «Стой», после чего мерщики откладывают ленту второй раз и т. д.

При длине линии свыше 200 м, после того как передний мерщик поставит последнюю одиннадцатую шпильку, задний мерщик передает переднему накопившиеся у него 10 шпилек. В момент передачи мерщики пересчитывают шпильки и убеждаются, что ни одна из них не потеряна в ходе измерений. Задний мерщик делает отметку в журнале – «Одна передача» и т. д.

Как правило, лента не укладывается целое число раз в измеряемой линии и остается остаток. Для измерения остатка передний мерщик протягивает ленту, затем возвращается к конечной точке и отсчитывает число метров и дециметров по ленте с оценкой «на глаз» числа сантиметров. Линии длиннее 500 м перед измерением предварительно провешиваются.

Число передач шпилек, а также число шпилек у заднего мерщика и значение измеренной длины остатка записываются в журнал измерений.

Измеренное значение длины линии вычисляется по формулам:

– при измерении 20-метровой лентой

$$S = 200\mathrm{N} + 20n + r; \qquad (30)$$

– при измерении 24-метровой лентой

$$S = 240\mathrm{N} + 24n + 1{,}2r, \qquad (31)$$

где N – количество передач шпилек;

n – число шпилек у заднего мерщика после укладки последней ленты, не считая шпильки, воткнутой в землю;

r – остаток линии, измеренной до 1 см.

Если измеряемая линия (участок линии) имеет наклон, теодолитом измеряется вертикальный угол. При угле наклона более 2° в измеряемую линию (участок линии) вводится поправка за приведение наклонной линии к горизонту. Поправка выбирается из соответствующих таблиц.

За окончательное значение длины линии при двух измерениях принимается среднее. Пример заполнения журнала измерений и вычисления длины линии приведен в таблице 17.

Таблица 17 – Журнал компарирования мерной ленты

Дата: *20.4.73г.* Базис: *20м*

Наблюдатели: *П - Петров* *З – Крутов*

Помощник: *Панин*

Уравнения для нормальных лент

Лента № 8: l_8 = 20 м + 3,2 мм + 0,25 (t – 20_o) мм

} при натяжении 10 кг.

Лента № 9: l_9 = 20 м + 4,1 мм + 0,25 (t – 20_o) мм

Время t^o, С	Отсчеты по линейкам		(П – З), мм	Время t^o, С	Отсчеты по линейкам		(П – З), мм
	П	З			П	З	

Первое измерение базиса нормальными лентами

Лента №8				Лента №9			
10^h40^m; + 17° С	12	8	+4	11^h27^m; + 18° С	14	7	+7
	17	12	+5		23	14	+9
	21	18	+3		32	24	+8
	34	28	+6		41	35	+6
	49	43	+6		39	32	+7
	51	48	+3		56	48	+8
		$(П – З)_{ср}$	+4,5			$(П – З)_{ср}$	+7,5

B_1 = 20 м + 3,2 мм – 0,8 мм – 4,5 мм = 7,5 мм = 20 м – 2,1мм; B_2 = 20 м+4,1 мм – 0, 5 мм – = 20 м – 3,9 мм.

Измерение базиса рабочей лентой.
Лента № 49

11^h48^m; + 19° С	23	12	+11
	29	20	+9
	29	19	+10
	37	25	+12
	49	40	+9
	57	47	+10
		$(П – З)_{ср}$	+10,0

Второе измерение базиса нормальными лентами

Лента №8				Лента №9			
13^h42^m; + 18° С	13	6	+9	14^h30^m; + 18° С	18	13	+5
	24	16	+8		25	20	+5
	32	24	+8		29	25	+4
	41	34	+7		34	31	+3
	48	41	+7		38	34	+4
	50	42	+8		44	40	+4
		$(П – З)_{ср}$	+7,8			$(П – З)_{ср}$	+4,2

B_2 = 20 м – 4,2 мм; B_4 = 20 м – 1,5 мм.

Длина базиса из двух измерений B_0 =20 м — 2,9 мм.

Длина рабочей ленты при t_0 = 20° l_0 = 20 м – 2,9 мм + 10 мм - 0.2 мм = =20 м + 6,9 мм.

Уравнение ленты № 49

l_{49} = 20 м + 6,9 мм + 0,25(t – 20°) мм при натяжении ленты 10 кг.

Таблица 18 – Журнал измерений и вычислений длины ленты
Линия от № 1 до № 2
Дата: *15.07.70 г.*

Обозначение	Число передач, шпилек и остаток	Длина, м	Обозначение	Число передач, шпилек и остаток	Длина, м
N	2	400,00	*N*	1	240,00
n	2	40,00	*n*	8	192,00
r	9,64	9,64	*r*	14,42	17,30
S		449,64	*S*		449,30
$S_{ср}$ = 449,5 м.					

Расхождение в измерении длины двумя лентами (или одной лентой при измерении в прямом и обратном направлениях) является контролем качества измерений.

3.2.3 Светодальномеры

Светодальномерами называются электрооптические приборы для измерения расстояний, принцип действия которых основан на использовании скорости распространения света. Существует два типа светодальномеров: импульсные и фазовые.

Импульсными светодальномерами измеряется расстояние путем непосредственного измерения промежутка времени, в течение которого свет пройдет двойное расстояние от светодальномера до отражателя. Тогда

$$S = \frac{C \cdot \tau}{2} + K, \qquad (32)$$

где C – скорость распространения света, м/с;

τ – промежуток времени, с;

K – постоянная величина для данного светодальномера.

При геодезических измерениях используются в основном фазовые светодальномеры, позволяющие определять расстояния с относительной ошибкой от 1 : 10 000 до 1 : 1 000 000 и точнее. Измерение расстояния фазовыми светодальномерами осуществляется путем определения длины и количества модулированных световых волн, укладывающихся целое число раз от светодальномера до отражателя. Тогда

$$S = \frac{C}{2f} N \qquad (33)$$

где C – скорость распространения модулированного света, м/с;

N – количество модулированных волн;

f – частота модуляции света, Гц.

На рисунке 47 показан светодальномер СМ-3.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Перечислить приборы, применяемые для измерения расстояний?
2. Рассказать об устройстве и порядке измерения длины линий землемерными лентами.
3. Рассказать об общем порядке компарирования землемерных лент
4. Вычислить длины линий, измеренных 24-метровыми лентами, если при измерениях получены результаты:

$N = 4$;	$N = 3$;	$N = 4$;
$n = 6$;	$n = 9$;	$n = 8$;
$\alpha = 5°\ 10'$;	$\alpha = 4°\ 17'$;	$\alpha = 3°29'$

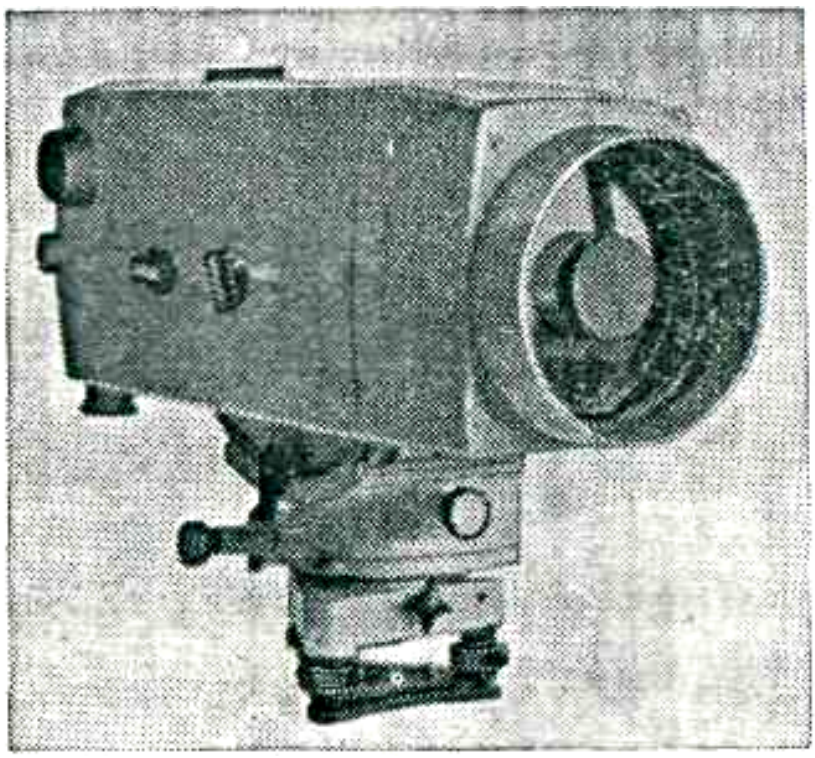


Рисунок 47 – Светодальномер СМ-3

3.3 Нивелиры. Геометрическое нивелирование

Нивелиры предназначаются для измерения превышения одной точки местности над другой посредством горизонтального луча и вертикально установленных в этих точках рейках (рисунок 48). Горизонтальный луч образуется зрительной трубой нивелира, визирная ось которой приводится в горизонтальное положение с помощью уровня или компенсатора наклона. Этот вид работ в геодезии носит название геометрического нивелирования.

Нивелир (рисунок 49) состоит из подставки 1, связанной с ней оси (втулки) 2 и подъемных винтов 3, зрительной трубы 4, цилиндрического уровня 5 или расположенного внутри зрительной трубы компенсатора наклона.

Нивелиры в зависимости от точности делятся на следующие типы:

– нивелиры высокоточные Н1, Н2, НС2;
– нивелиры точные Н3, НС3, НС4;
– нивелиры технические НТ, НТС.

Знаки, стоящие после буквы Н в шифре нивелира, обозначают:

С – с самоустанавливающейся линией визирования; Т – технический; Л – с наклонным лучом визирования, а цифры – для какого класса нивелирования он предназначен.

При геодезической привязке используются нивелиры Н3, НС3 и НС4 и им равноточные (НВ-1, НГ и др.). С указанными нивелирами применяются нивелирные рейки РН3, РН4 (двусторонние, цельные, шашечные), предназначенные для нивелирования III и IV класса.

Основные тактико-технические данные применяемых нивелиров приведены в таблице 19.

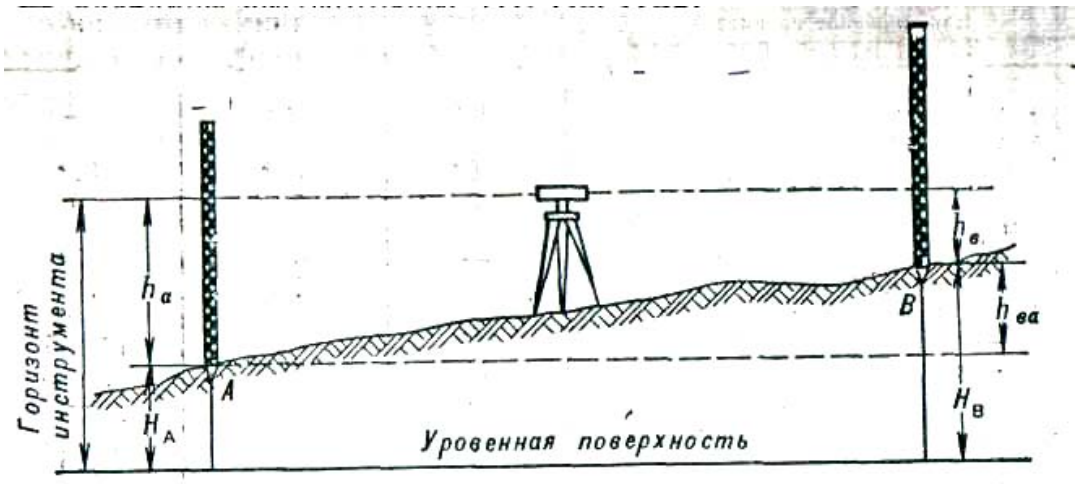


Рисунок 48 – Геометрическое нивелирование

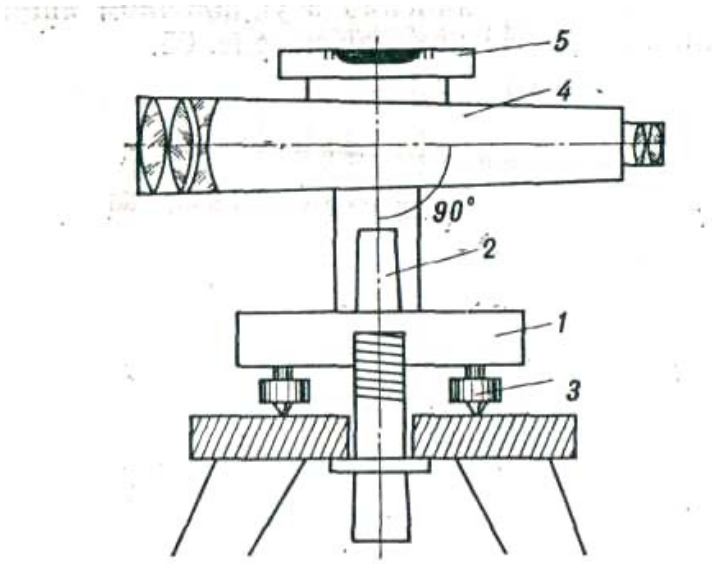


Рисунок 49 – Основные узлы нивелира: 1 – подставка; 2 – ось; 3 – винт; 4 – зрительная труба; 5 – цилиндрический уровень.

Таблица 19 – Тактико-технические данные нивелиров

Наименование параметра	Н3	НС4	НВ-1
Средняя квадратичная ошибка на 1 км хода, мм	± 4	± 8	–
Увеличение зрительной трубы	30×	30×	31×
Наименьшее расстояние визирования, м	2	2	3
Фокусное расстояние, мм	–	–	250
Коэффициент дальномера	100	100	100
Уровни, цена деления:			
– циллиндрического	15"	–	17 – 25"
– круглого	5'	10'	7 – 15'
– компенсатора	–	0",4	–

Продолжение таблицы 19

Наименование параметра	Н3	НС4	НВ-1
Вес, кг:			
– нивелира	2	2,5	1,8
– укладочного ящика	–	–	2
– штатива	4	4	4

3.3.1 Нивелир Н3

Нивелир Н3 предназначается для нивелирования III класса. В комплект прибора входят нивелир в укладочном ящике и штатив. Общий вид нивелира Н3 показан на рисунке 50.

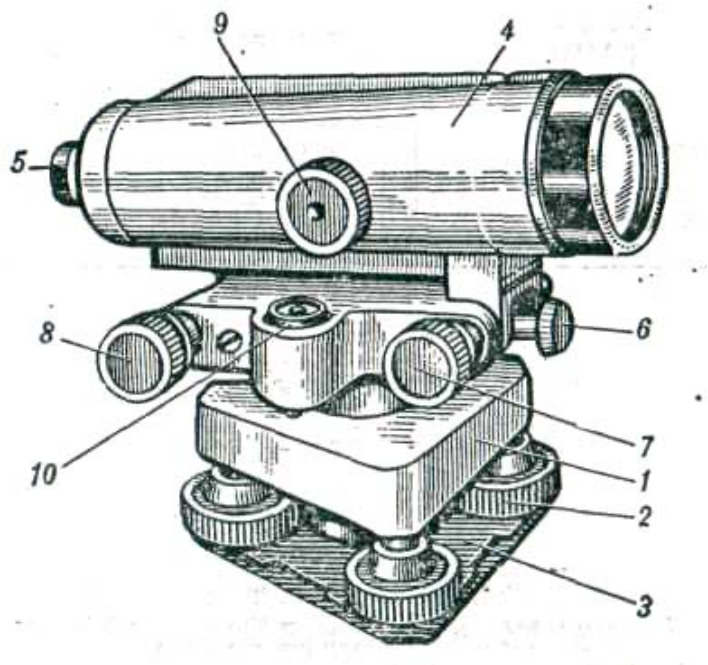


Рисунок 50 – Нивелир Н3: 1 – корпус; 2 – подъемный винт; 3 – соединительная пластина; 4 – зрительная труба; 5 – фокусирующее кольцо; 6 – закрепительный винт; 7–наводящий винт; 8 – элевационный винт; 9 –маховичок; 10 – круглый уровень

Подставка нивелира состоит из корпуса 1, трех подъемных винтов 2 и соединительной пластины 3. Подъемные винты служат для установки вертикальной реи нивелира в отвесное положение при подготовке его к работе. Верхняя часть нивелира соединяется с подставкой системой вертикальных цилиндрических осей.

Зрительная труба 4 состоит из корпуса, объектива и окуляра с фокусирующим кольцом 5, вращением которого достигается четкое изображение сетки нитей. На корпусе имеется маховичок 9 для фокусирования трубы. Корпус зрительной трубы и коробка цилиндрического контактного уровня

выполнены в одной отливке. Зрительная труба имеет внутреннюю фокусировку и дает обратное изображение. Грубое наведение трубы на рейку производится от руки с последующим закреплением ее закрепительным винтом 6, точное – с помощью наводящего винта 7. Сетка нитей имеет одну горизонтальную и одну вертикальную нити и два коротких горизонтальных штриха.

Цилиндрический контактный уровень наглухо скреплен с трубой. На коробке уровня имеется зеркало для равномерного освещения уровня. Изображение концов пузырька уровня передается в поле зрения трубы с помощью оптической системы. Совмещение изображений концов пузырька уровня осуществляется перед каждым снятием отсчетов по рейке и выполняется с помощью элевационного винта 8. Установка нивелира производится по круглому уровню 10.

3.3.2 Нивелир НС3

Нивелир НС3 с самоустанавливающейся линией визирования предназначается для нивелирования III класса. В комплект прибора входят нивелир в укладочном ящике и штатив.

Нивелир снабжен компенсатором наклона, расположенным в сходящемся пучке лучей зрительной трубы и обеспечивающим автоматическую установку линии визирования в горизонтальное положение при углах наклона прибора в пределах ± 15.

3.3.3 Нивелир НС4

Нивелир НС4 с самоустанавливающейся линией визирования предназначается для нивелирования IV класса. В комплект прибора входят нивелир в укладочном ящике и штатив. Общий вид нивелира НС4 показан на рисунке 51.

Подставка нивелира состоит из корпуса 1, трех подъемных винтов 2 и соединительной пластины 3 с прижимной пружиной. Подъемные винты служат для установки вертикальной оси нивелира в отвесное положение при подготовке его к работе. В центре прижимной пружины имеется резьбовое гнездо для станового винта штатива. Верхняя часть нивелира соединяется с подставкой системой вертикальных цилиндрических осей.

Зрительная труба 4 состоит из корпуса, объектива и окуляра с фокусирующим кольцом 5, вращением которого достигается четкое изображение сетки нитей. Корпус зрительной трубы и верхняя часть нивелира выполнены в одной отливке. Четное изображение рейки достигается вращением маховичка 6. Точное визирование на рейку осуществляется с помощью винта бесконечной наводки вращением одного из двух его маховичков 7, расположенных с обеих сторон верхней части. Сетка нитей имеет горизонтальную и. вертикальную нити и два коротких горизонтальных штриха. Круглый уровень 8 располагается на левой стороне верхней части нивелира. Он имеет три исправительных винта 9 и откидывающееся зеркало 10 для наблюдения за положением уровня со стороны окуляра.

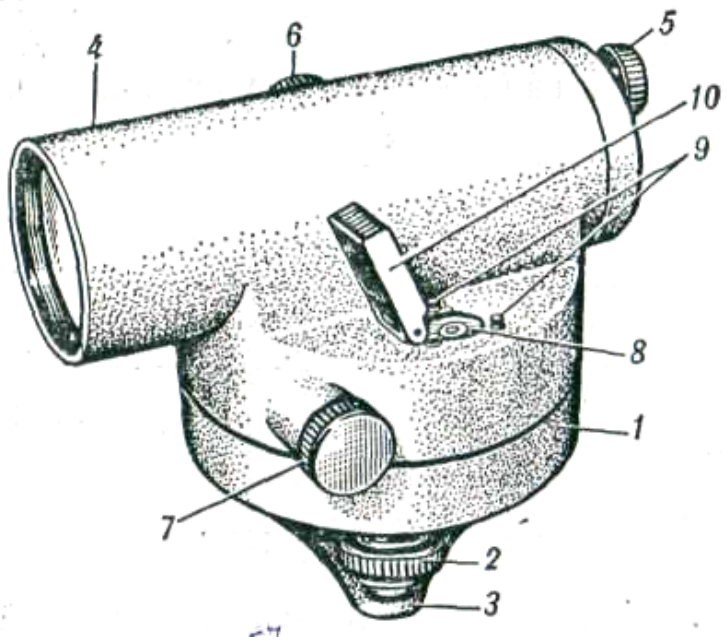


Рисунок 51 – Нивелир НС4: 1 – корпус; 2 – подъемный винт; 3 – соединительная пластина; 4 – зрительная труба; 5 – фокусирующее кольцо; 6, 7– маховички; 8 – круглый уровень; 9 – исправительный винт; 10 – откидывающееся зеркало

Компенсатор наклона располагается внутри зрительной трубы в сходящемся пучке лучей и обеспечивает автоматическую установку линии визирования в горизонтальное положение.

Автоматическая установка линии визирования в горизонтальное положение осуществляется при углах наклона нивелира в любом направлении в пределах ±15'. Поэтому при работе необходимо следить, чтобы круглый уровень не выходил за пределы внешней окружности, этим достигается установка вертикальной оси прибора в вертикальное положение с точностью до ±15'. Точность самоустановки компенсатора ±0",4.

Нивелир необходимо беречь от воздействия влаги, так как при попадании ее на компенсатор происходит неполная компенсация наклона прибора. Не рекомендуется работать при сильном ветре или вблизи движущегося транспорта, поскольку происходит вибрация компенсатора, что затрудняет снятие отсчетов по рейке.

Принципиальная оптическая схема нивелира показана на рисунке 52.

Принцип работы компенсатора следующий. Подвижные призмы компенсатора 3 подвешены к опорной раме 7 на четырех попарно перекрещивающихся стальных нитях 8 диаметром 0,05 мм и длиной 3 см. Опорная рама 7 и неподвижная призма компенсатора 4 жестко связаны с корпусом зрительной трубы. Подвижные призмы 3 свободно качаются в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. При рабочем положении нивелира подвижные призмы под действием силы тяжести занимают отвесное положение. Тогда пучок лучей, пройдя объектив 1 и фокусирующую линзу 2, попадает на

большую подвижную призму, отражается от нее строго в вертикальной плоскости, проходит неподвижную призму 4, отражается, проходит малую подвижную призму и направляется к сетке нитей 5 и окуляру 6 строго в горизонтальной плоскости.

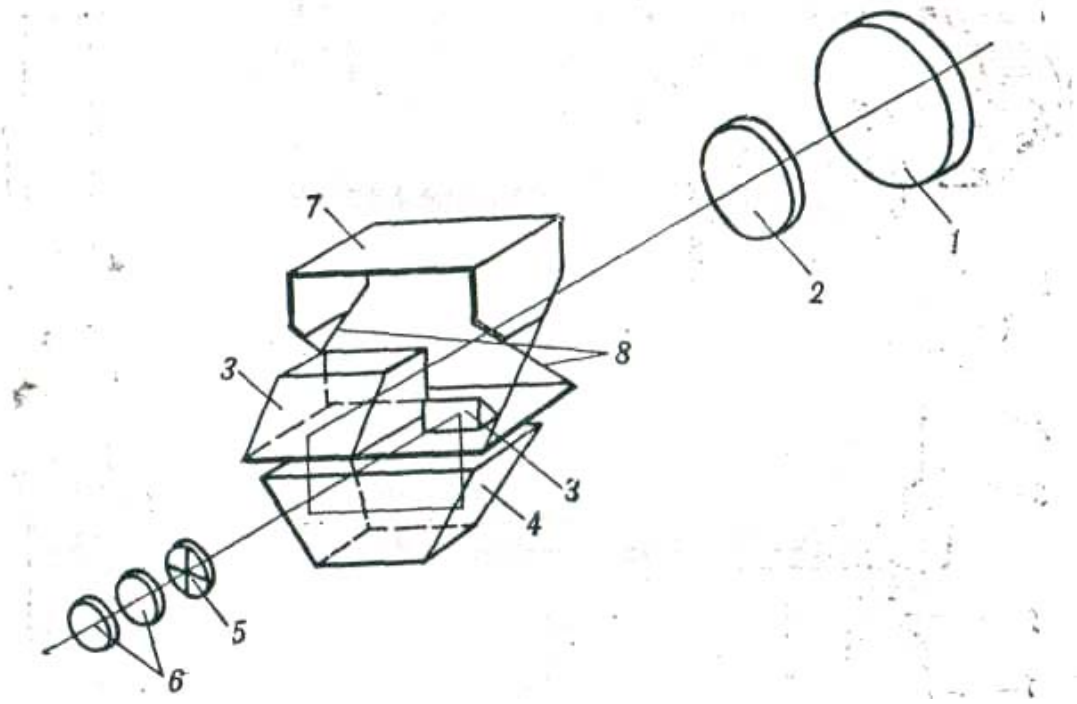


Рисунок 52 – Оптическая схема нивелира НС4: 1 – объектив; 2 – фокусирующая линза; 3 –подвижная призма компенсатора; 4 – неподвижная призма компенсатора; 5 – сетка нитей; 5 –окуляр; 7– опорная рама; 8 – стальные нити

3.3.4 Нивелир НВ-1

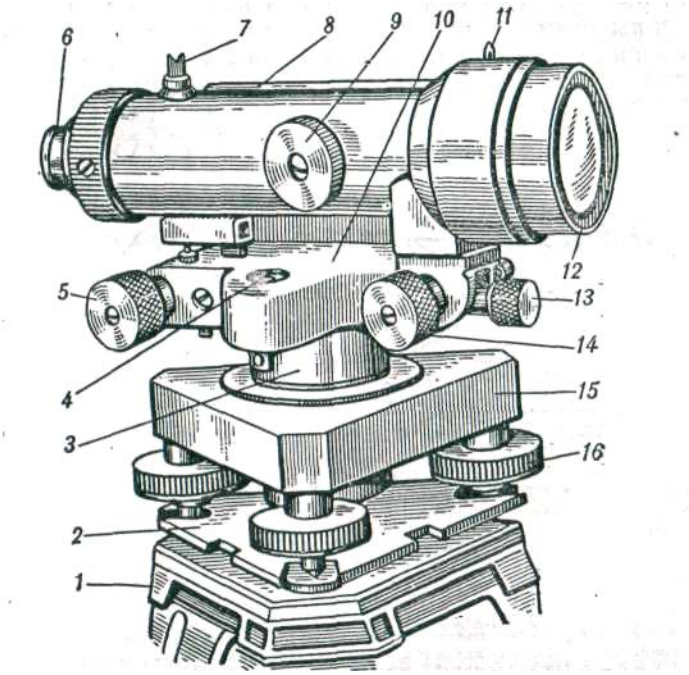
Нивелир НВ-1 предназначается для нивелирования III и IV классов. Общий вид нивелира НВ-1 показан на рисунке 53.

3.3.5 Нивелирные рейки

Нивелирная рейка (рисунок 54) представляет собой деревянный брус, как правило, двутаврового сечения шириной 8 – 10 см и толщиной 2 – 3 см. Длина цельных реек 3 м, раскладных – 3 или 4 м. Основание рейки оковывается железом и называется пяткой 1. Для установки рейки в отвесное положение служит круглый уровень 2, а для удержания ее в вертикальном положении имеются ручки 3.

На обеих сторонах рейки нанесены деления. При нивелировании III и IV классов применяются рейки, с шашечными делениями. Цена наименьшего деления шкалы (шашки) рейки принимается равной 1 см. На одной стороне рейки чередуются черные и белые шашки (черная сторона), на другой – красные и белые (красная сторона). Нуль делений на черной стороне совпа-

дает с пяткой рейки. На красной стороне с пяткой совмещается отсчет, больший 4000 мм (обычно 4687 мм или 4787 мм).



1 – столик штатива; 2 – пружинящая пластинка; 3 – втулка вертикальной оси; 4 – круглый уровень; 5 – элевационный винт; 6 – фокусирующее кольцо; 7 –целик; 8 – коробка контактного циллиндрического уровня; 9 – маховичок для фокусировки зрительной трубы; 10 – опорная площадка;11 — мушка; 12 – объектив; 13 – закрепительный винт трубы; 14 – наводящий винт трубы; 15 – подставка; 16 – подъемный винт.

Рисунок 53 – Нивелир НВ-1

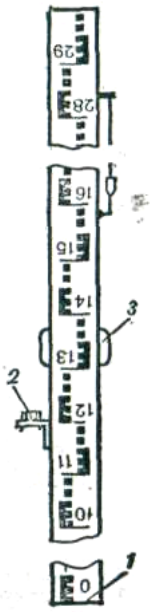


Рисунок 54 – Нивелирная рейка: 1 – пятка; 2 – круглый уровень; 3 – ручки.

3.3.6 Поверки нивелиров

1. Поверка установки призм контактного уровня.

Нивелир устанавливают на штативе и. по цилиндрическому уровню приводят в горизонтальное положение. При правильной установке призм изображения концов пузырька контактного уровня должны совпадать. При несоблюдении указанного требования нивелир направляют в мастерскую.

2. Поверка перпендикулярности оси цилиндрического уровня вертикальной оси вращения прибора.

Цилиндрический уровень устанавливают по направлению двух подъемных винтов, вращением которых изображения концов пузырька уровня совмещают. Нивелир разворачивают на 180°. Если изображения концов пузырька уровня разойдутся, то половину этого расхождения исправляют исправительным винтом уровня, а остальную часть – подъемными винтами. После исправления уровня поверку повторяют.

3. Поверка правильности установки сетки нитей.

Нивелир устанавливают на штативе и приводят в горизонтальное положение. На расстоянии 30 – 50 м подвешивают отвес. Зрительную трубу наводят на нить отвеса. При правильной установке сетки нитей вертикальная нить ее должна совпадать с изображением нити отвеса. В противном случае ослабляют исправительные винты и сетку нитей разворачивают.

4. Поверка параллельности оси цилиндрического уровня и визирной оси зрительной трубы.

На расстоянии 75 м забивают в землю деревянные колья, и одним из них устанавливают нивелир, над другим – рейку. Нивелир наводят на рейку (рисунок 55), снимают отсчет по рейке a_1 и измеряют высоту i_1 нивелира от вершины кола до центра окуляря с точностью до 2 мм. Нивелир и рейку меняют местами, снимают отсчет a_2 и измеряют высоту i_2 над другим колом. Величина непараллельности визирной оси и оси уровня определяется по формуле

$$x = \frac{1}{2}(a_1 + a_2) - \frac{1}{2}(i_1 + i_2). \qquad (34)$$

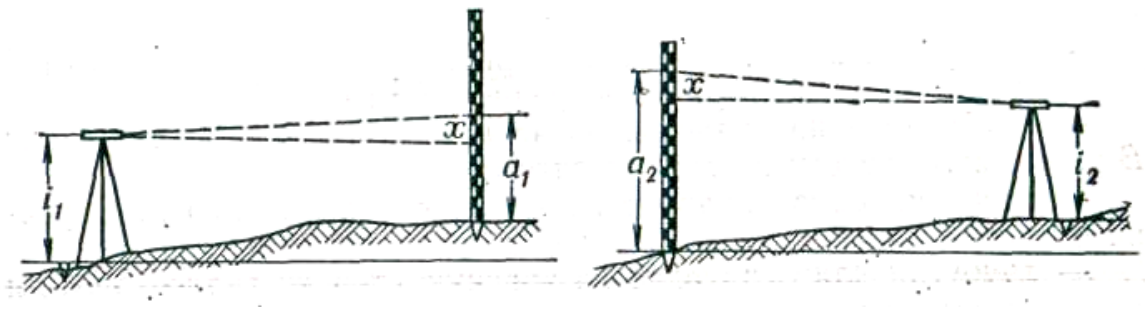


Рисунок 55 – К поверке параллельности оси цилиндрического уровня и визирной оси зрительной трубы

Порядок исправления не параллельности следующий:

– вычисляют отсчет a_2', равный $a_2 - x$;

– исправительными винтами сетку нитей смещают до положения, когда перекрестие сетки будет проектироваться на деление рейки, соответствующее отсчету a_2';

– сетку нитей закрепляют и поверку повторяют (величина x не должна превышать 4 мм).

5. Поверка правильности установки круглого уровня на рейке.

Эту поверку выполняют с помощью отвеса, по которому рейку устанавливают в вертикальное положение, и исправительными винтами пузырек круглого уровня приводят в нуль-пункт.

3.3.7 Порядок работы при нивелировании

Основным способом геометрического нивелирования является нивелирование из середины, при котором нивелир устанавливается примерно на равных расстояниях от реек. Превышение точек (пикетов) определяется как разность отсчетов по рейкам. При этом всегда из отсчета по задней рейке a вычитается отсчет по передней рейке b:

$$h = a - b. \qquad (35)$$

При нивелировании IV класса отсчеты по рейкам выполняются по средней и одной из крайних нитей черной стороны реек и по средней нити красной стороны. Дополнительный отсчет по крайней нити черной стороны реек производится для вычисления расстояний.

Порядок наблюдений на станции следующий:

– рейки устанавливают на точках A и B в вертикальном положении;

– нивелир устанавливают посередине между рейками и приводят в горизонтальное положение;

– трубу нивелира наводят на черную сторону задней рейки A и снимают отсчеты по верхней и средней нитям;

– трубу нивелира наводят на черную сторону передней рейки B и снимают отсчеты по тем же нитям;

– трубу нивелира наводят на красную сторону передней рейки и снимают отсчет по средней нити;

– трубу нивелира наводят на красную сторону задней рейки и снимают отсчет по средней нити.

Перед каждым отсчетом по рейке пузырек уровня точно приводят на середину подъемным или элевационным винтом. Результаты измерений заносят в полевой журнал, таблица 20, в последовательности, указанной цифрами. Снимать нивелир до окончания вычислений на станции не разрешается.

На каждой станции в полевом журнале вычисляются:

– дальномерные расстояния до реек (7) = (2) – (1) и (8) == (4) – (3);

– разности отсчетов по черной и красной сторонам каждой рейки (9) = (6) – (2) и (10) = (5) – (4);

– превышения по черным сторонам реек (11) = (2) – (4) и по красным сторонам реек (12) = (6) – (5);

– среднее превышение

$$(13) = \frac{(11) + (12) \pm 100}{2};$$

– (превышение, вычисленное по красным сторонам (12), предварительно исправляется на величину неравенства нулей реек ±100 мм).

Контролем вычислений (14) служит равенство (10) – (9) = (11) – (12). Расхождения в превышениях на станции, определенных по черным и красным сторонам реек, не должны превышать 5 мм.

Таблица 20 – Результаты измерений

Ход*: от Гр. репера № 606-1*
до Гр. репера № 902

Дата: *2.06.73*
Погода: *ясно, слабый ветер*
Начало:*7ч10мин*
Конец: *7 ч 25 мин*

№ станции / *№ пикета*	Дальномерное расстояние до задней и передней реек	Отсчет по рейкам		Превышение	Среднее превышение, мм
		задней	передней		
1 / *Гр.реп№606*	420 (7) 435 (8)	415 (1) 835 (2) 5522 (6) 4687 (9)	638 (3) 1073 (4) 5860 (5) 4787 (10)	- 238 (11) - 338 (12) + 100 (14)	- 238 (13)

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Рассказать о назначении и общем устройстве нивелира Н3.
2. Рассказать о назначении и общем устройстве нивелира НС4.
3. Перечислить поверки нивелиров.
4. Перечислить поверки реек.
5. Рассказать о порядке наблюдений на станции при нивелировании IV класса.
6. Выполнить вычисления на станциях по приведенным отсчетам.

№ станции	Отсчет по рейкам	
	задней	передней
1	483	543

№ станции	Отсчет по рейкам	
	задней	передней
	836 5523	884 5670
2	576 938 5725	872 1222 5909
3	640 983 5671	395 729 5515

4 Геодезическое ориентирование

4.1 Общие понятия о геодезическом ориентировании

Геодезическое ориентирование обеспечивает большой комплекс работ в процессе строительства и эксплуатации сооружений. С ним связаны вынос в натуру осей сооружений, размещение оборудования, контроль азимутальной устойчивости конструктивных элементов и оборудования, а также координатные определения.

В системе плоских прямоугольных координат Гаусса для характеристики ориентировки линий используют дирекционные углы, отсчитываемые по ходу движения часовой стрелки от северного направления оси абсцисс. Практически дирекционные углы направлений (линий, осей) получают преимущественно от сторон существующих в данном районе геодезических сетей, дирекционные углы которых известны. Поэтому процесс получения дирекционного угла определяемого направления от сторон геодезической сети часто называют передачей ориентирования.

Любой способ передачи ориентирования с помощью угломерного прибора (теодолита) связан, прежде всего, с определением ориентировки его горизонтального круга (после установки прибора на исходном пункте или в иной точке и подготовки его для измерения).

Для характеристики ориентировки горизонтального круга теодолита в геодезии принят ориентирующий угол, под которым понимают дирекционный угол нулевого диаметра горизонтального круга. На рисунке 63 ориентирующий угол обозначен через α_o.

Дирекционные углы наблюдаемых с помощью теодолита направлений на пункты *B, C, D* и другие можно получить через величину ориентирующего угла из выражений

$$\alpha_B = \alpha_o + N_B;\ \alpha_C = \alpha_o + N_C;\ \alpha_D = \alpha_o + N_D \qquad (36)$$

где *N*. – отсчет но горизонтальному кругу, соответствующий направлению на *i*-й пункт.

Наиболее просто значение ориентирующего угла можно получить, если непосредственно измерить направление стороны, дирекционный угол $\alpha_{исх.}$ которой известен. Если принять, что теодолит точно установлен над центром пункта исходной стороны, то

$$\alpha_o = \alpha_{исх.} - N_{исх}, \qquad (37)$$

где $N_{исх}$ – отсчет по горизонтальному кругу, соответствующий направлению исходной стороны.

4.2 Определение координат при передаче ориентирования

4.2.1 Определение координат отдельных точек

Координаты отдельных точек в зависимости от характера местности и условий видимости, плотности пунктов ГТС и сохранности наружных знаков, наличия времени, сил и средств могут определяться методом полигонометрии или методом триангуляции.

Метод полигонометрии применяется в полузакрытой и закрытой местности, при ограниченной видимости, а также при отсутствии на пунктах ГГС наружных знаков.

Метод триангуляции применяется в открытой и полузакрытой местности, при наличии наружных знаков на пунктах ГГС и хорошей видимости.

4.2.2 Определение координат точек методом полигонометрии

Определение координат точек методом полигонометрии заключается в построении на местности вытянутых ломаных линий, опирающихся на исходные пункты ГГС. Отрезки ломаной линии называются сторонами полигонометрического хода, а точки излома – поворотными точками (рисунок 56).

По измеренным горизонтальным углам β, начиная от дирекционного угла исходной стороны, можно вычислить дирекционные углы всех сторон полигонометрического хода. Зная дирекционные углы и длины сторон хода, можно вычислить приращения координат для этих сторон, а по ним, начиная от координат исходного пункта, найти координаты любой точки.

Как правило, координаты отдельных точек определяют из системы полигонометрических ходов, опирающихся на три и более исходных пункта (рисунок 57). Точки, в которых сходятся ходы, называются узловыми.

Полевые работы по проложению полигонометрических ходов заключаются в рекогносцировке трасс ходов, закреплении поворотных точек на местности, измерении горизонтальных углов и длин сторон.

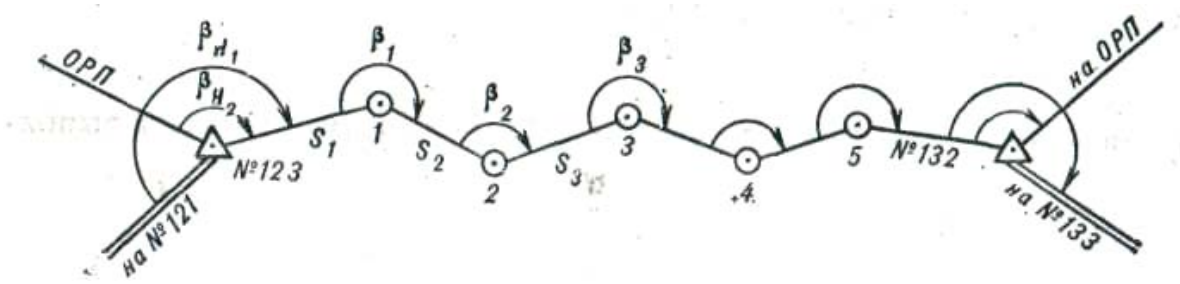


Рисунок 56 – Полигонометрический ход

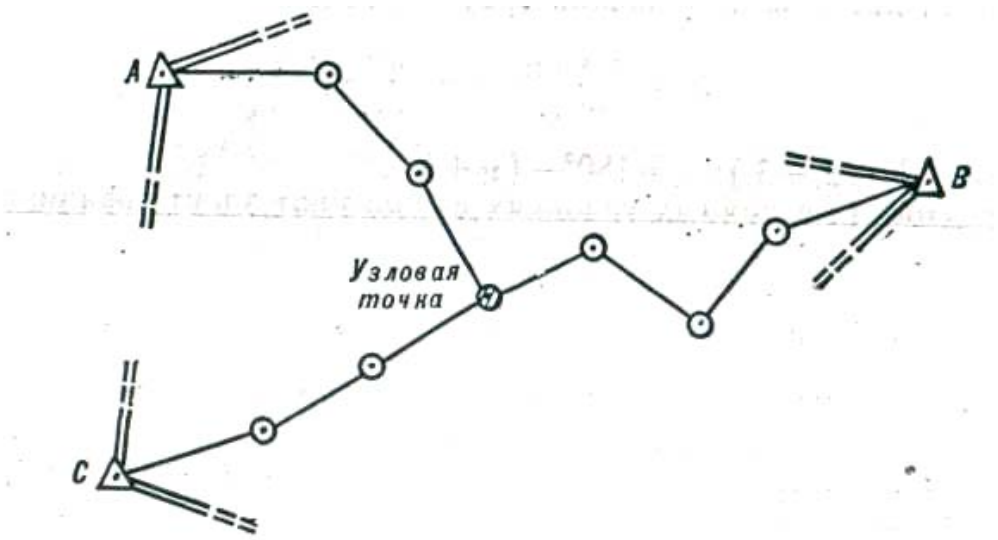


Рисунок 57 – Система полигонометрических ходов с одной узловой точкой

В зависимости от местности трассы полигонометрических ходов должны быть выбраны с таким расчетом, чтобы на точках поворота было удобно измерить углы и линии между соседними точками шли по местности наиболее ровной и не заросшей. В лесу ходы прокладывают, как правило, по просекам и дорогам.

Поворотные точки на местности закрепляют колышками, забиваемыми вровень с землей на глубину 30–40 см. Рядом устанавливают сторожок высотой 30–50 см с номером точки. В торец каждого колышка забивают гвоздь, фиксирующий поворотную точку. Закрепление точек поворота рекомендуется производить одновременно с рекогносцировкой.

Горизонтальные углы в полигонометрических ходах измеряют оптическим теодолитом по способу измерения отдельного угла, а при трех направлениях, и более – по способу круговых приемов.

Порядок измерения горизонтальных углов изложен в разделе 3.1. Измеряют, как правило, левые по ходу углы (рисунок 56). Нарушение этого правила затрудняет последующие вычисления и может привести к ошибкам. Измерение углов производят, как правило, по трехштативной системе с использованием штативов и марок полигонометрических комплектов. При длинах сторон свыше 1 км вместо марок разрешается использовать вехи, устанавливаемые на точках хода. На исходных пунктах каждый ход привязывается к двум исходным направлениям. В качестве исходных направлений используются стороны ГГС, а также направления на ориентирные пункты или направления, азимуты которых получены из астрономических или гироскопических наблюдений.

Длины сторон в полигонометрических ходах измеряют мерными лентами, оптическими дальномерами и другими мерными приборами. Измерение длин сторон 20- и 24-метровыми лентами выполняется в одном направлении каждой лентой по одному разу. Как исключение, разрешается выпол-

нять измерение двумя лентами одинаковой длины или одной лентой в прямом и обратном направлениях. Порядок измерения линий мерными лентами изложен в разделе 3.2.

В тех случаях, когда сторону хода невозможно измерить непосредственно из-за преград местности (река, овраг, болото и т. п.), ее длину определяют аналитически. Для этого на местности (рисунок 58) измеряют два базиса $в_1$ и $в_2$ длиной не менее 1/7 определяемой стороны и углы α_1, α_2, β_1, β_2 между направлением стороны и концами базисов. Базисы располагают таким образом, чтобы углы γ_1 и γ_2 были возможно близкими к 90°. Длина стороны S определяется дважды из решения треугольников ABC и ABD;

$$S = \frac{в_1 \sin\gamma_1}{\sin\beta_1} = \frac{в_2 \sin\gamma_2}{\sin\beta_2}, \qquad (38)$$

где $\gamma_1 = 180° - (\alpha_1 + \beta_1)$; $\gamma_2 = 180° - (\alpha_2 + \beta_2)$.

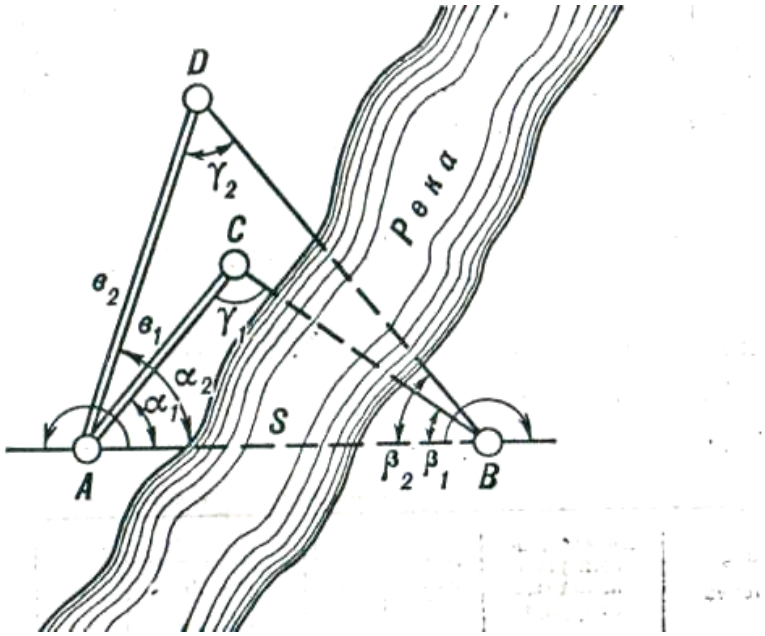


Рисунок 58 – Определение неприступного расстояния

При работах в ночных условиях используют электрифицированные марки и теодолиты, а также карманные фонари с цветными светофильтрами для сигнализации.

Результаты измерений длин линий, горизонтальных углов и углов наклона заносят в полевые журналы, в которых для каждого хода оформляется титульный лист, где указывается название хода, а также приводятся схема хода и другие необходимые сведения (рисунок 58). Исходным пунктам, поворотным точкам, и определяемым точкам согласно техническому проекту на выполнение работ присваивается определенная нумерация.

Вычислительные работы при определении координат точек методом полигонометрии включают:

– обработку полевых материалов и предварительные вычисления;

– уравнивание полигонометрических ходов;

– оценку точности и контроль вычисления координат определяемых точек.

В ходе обработки полевых материалов и предварительных вычислений проводятся:

– проверка полевых журналов и центрировочных листов;

– вычисление длин сторон;

– приведение измеренных направлений на пунктах ГГС к центрам пунктов и на плоскость проекции Гаусса;

– уравнивание направлений на станции.

В полевых журналах проверяют номера пунктов ГГС, переходных и определяемых точек, а также повторно вычисляют и выписывают чернилами средние значения длин линий и углов. На центрировочных листах проверяют правильность их оформления, а также повторно измеряют и выписывают значения линейных и угловых элементов приведения.

Длины сторон вычисляют непосредственно в журналах. Порядок вычисления длин сторон изложен в разделе 3.2.

Приведение измеренных направлений на пунктах ГГС к центрам пунктов и на плоскость проекции Гаусса заключается в вычислении и введении в измеренные направления поправок *c*, *r*, *δ*. Порядок вычисления поправок за центрировку и редукцию изложен в разделе 3.1. Поправка δ для приведения измеренных направлений на плоскость проекции Гаусса при разности абсцисс ($x_1 - x_2$) точек M_1 и M_2 менее 20 км вычисляется по формуле

$$\delta_{1,\,2} = 0{,}00253\ (x_1 - x_2)\cdot Y_m, \qquad (39)$$

где x_1 и x_2 — координаты точек M_1 и M_2;

$Ym = \dfrac{y_1 + y_2}{2}$ – средняя ордината точек M_1 и M_2.

Пример вычисления приведенных направлений к центрам пунктов ГГС и на плоскость проекции Гаусса приведен в таблице 21. Чтобы начальное направление оставалось равным нулю, перед введением суммарных поправок из каждого значения вычитается поправка на начальное направление.

Таблица 21 – Вычисление приведённых направлений к центрам пунктов

Название направления	Измеренное направление	Поправки		c	r	δ	Приведенное направление
		$(c+r+\delta)_0$	c+r+δ				
№ 17, сигн. №24, сигн. № 3, сигн. Шт. 1	l = 27,6 см Θ = 287°00' l_1 = 23,1 см Θ_1 = 303°00' на № 24. сигн.						
	0°00'00",0 224 28 29,5 342 47 19,0	0",0 -22,2 -66,6	+27",6 +5,4 -9,0	-10",2 +1,5 -39,0	+ 40",0 +1,9 -	- 2",2 +2,0 -	0°00'00",0 224 28 07,3 342 46 12,4

Уравнивание направлений на станции выполняется при отвязке от двух исходных сторон. Поправки в направления по исходным сторонам вычисляются по формулам:

$$\Delta_1 = \frac{(\alpha_1 - M_1) - (\alpha_2 - M_2)}{2}$$
$$\Delta_2 = \frac{(\alpha_2 - M_2) - (\alpha_1 - M_1)}{2} \qquad (40)$$

где α_1, и α_2 — дирекционные углы исходных сторон;

M_1 и M_2 — приведенные направления по этим сторонам. Пример вычисления поправок Δ приведен в таблице 22.

Таблица 22 – Вычисление поправок Δ в направлениях

Название направления	Дирекционый угол	Приведенное направление М	α – М	Δ_i	Δ_o	Уравненное направление
№24, сигн. № 3, сигн. Шт. 1	127°17'41",2 351 45 46,2	0°00'00",0 224 28 07,3 342 46 12,4	127°17'41",2 127°17 38,9	+1",2 - 1,1	0,0 -2,3 -1,2	0°00'00",0 224 28'05",0 342 46 11,2

Уравнивание системы полигонометрических ходов с одной узловой точкой выполняют в следующем порядке:

на узловой точке выбирают связующее направление (как правило, направление на одну из точек какого-либо хода) и вычисляют значения дирекционного угла этого направления от исходных пунктов по каждому ходу по формуле

$$\alpha_i = \alpha_Н + \Sigma\, \beta_i - 180^o\, (n - 1), \qquad (41)$$

где $\alpha_Н$ – дирекционный угол исходного направления;

$\Sigma\, \beta_i$ – сумма левых углов полигонометрического хода;

n – число поворотных точек в каждом ходе, включая и исходный пункт.

Расхождение вычисленных значений дирекционного угла связующего направления не должно превышать установленного допуска; — вычисляют окончательное значение дирекционного угла связующего направления как среднее из результатов, полученных по каждому ходу с учетом веса каждого хода:

$$\alpha = \alpha_0 + \frac{\Sigma(P_i \cdot \delta_{\alpha_i})}{\Sigma P_i} = \alpha_0 + \Delta\alpha, \qquad (42)$$

где α_0 – приближенное значение дирекционного угла связующего направления (обычно принимается наименьшее из значений, полученных по ходам, или значение, округленное до десятков секунд);

δ_{α_i} – разность между дирекционными углами, полученными по каждому ходу, и приближенным значением;

Pi – веса ходов, вычисляемые по формуле $P_i = \frac{1}{n_i}$ из которой видно, что вес хода – величина, обратно пропорциональная количеству поворотных точек хода;

i – дирекционный угол связующего направления принимают за исходный, вычисляют поправки в измеренные углы каждого хода

$$v_\beta = \frac{\alpha - \alpha_i}{n_i},$$

и затем определяют уравненные дирекционные углы сторон ходов по формулам:

$$\alpha_{H,1} = \alpha_H + (\beta_H + v_{\beta_H});$$

$$\alpha_{1,2} = \alpha_{H,1} \pm 180^o + (\beta_1 + v_{\beta_1});, \qquad (43)$$

$$\alpha_{2,3} = \alpha_{1,2} \pm 180^o + (\beta_2 + v_{\beta_2});$$

где $\alpha_{H,1}$; $\alpha_{1,2}$; $\alpha_{2,3}$ . . . – дирекционные углы первой, второй, третьей и т. д. сторон одного из ходов;

– по уравненным дирекционным углам сторон ходов и измеренным длинам линий вычисляют приращения координат по каждой стороне хода:

$$\Delta x_1 = S_1 \, Cos \, \alpha_{H,1}; \qquad \Delta y_1 = S_1 \, Cos \, \alpha_{H,1};$$
$$\Delta x_2 = S_2 \, Cos \, \alpha_{1,2}; \qquad \Delta y_2 = S_2 \, Cos \alpha_{1,2}; \qquad (44)$$
$$\Delta x_3 = S_3 \, Cos \, \alpha_{2,3}; \qquad \Delta y_3 = S_3 \, Cos \, \alpha_{2,3};$$

– вычисляют суммы приращений координат по каждому ходу и затем координаты узловой точки:

$$x_i = x_H + \Sigma\Delta x_i; \qquad y_i = y_H + \Sigma\Delta y_i \qquad (45)$$

x_H, y_H – координаты исходных пунктов;

– находят среднее весовое значение координат узловой точки из всех ходов:

$$x = x_0 + \frac{\sum(Pi \cdot \delta_{xi})}{\sum Pi} = x_0 + \Delta x;$$
$$y = y_0 + \frac{\sum(Pi \cdot \delta_{yi})}{\sum Pi} = y_0 + \Delta y; \qquad (46)$$

x_0 ,y_0 – приближенные координаты узловой точки (обычно принимают наименьшее из значений, полученных по ходам);

P_i – веса ходов, вычисляемые по формуле

$$Pi = \frac{1}{\sum Si}; \qquad (47)$$

$\delta_{xi} = x_i - x_0$, $\delta_{xi} = x_i - x_0$ – разности между значениями координат узловой точки, полученными по ходам, и приближенными;

ΣSi – длины ходов, подсчитанные суммированием длин сторон по каждому ходу.

Контролем правильности уравнивания системы полигонометрических ходов с узловой точкой служат равенства:

$$\Sigma(PW_\alpha)=0;\ \Sigma(PW_x)=0;\ \Sigma(PW_y)=0 \qquad (48)$$

где P – веса соответствующих элементов;

W_α, W_x, W_y – невязки по отдельным ходам, вычисляемые как разность между вычисленными значениями и уравненными.

Пример вычисления и уравнивания системы полигонометрических ходов с одной узловой, точкой приведен в таблице 23.

Уравнивание системы полигонометрических ходов с несколькими узловыми точками проводится в такой же последовательности, при этом каждая узловая точка уравнивается отдельно.

При необходимости получения координат поворотных точек координаты узловой точки принимают за исходные и уравнивают отдельные полигонометрические ходы в следующем порядке:

– вычисляют разность координат исходных пунктов (пункта ГГС и узловой точки):

$$\Delta x_{исх}\ \Delta y_{исх};$$

– вычисляют невязки координат хода:

$$W_x = \Sigma\Delta_x - \Delta x_{исх}; \qquad (49)$$
$$W_y = \Sigma\Delta_y - \Delta y_{исх}$$

– определяют поправки на каждые 100 м длины линий и вычисляют значения поправок в приращения координат пропорционально длине каждой стороны хода:

$$v_{\Delta x_1} = -\frac{W_x}{\sum S} S_1, v_{\Delta y_1} = -\frac{W_y}{\sum S} S \text{ и т. д.}; \qquad (50)$$

– вычисляют окончательные значения координат поворотных точек:

$$x_i = x_i - 1 + (\Delta x_i - 1); \qquad (51)$$
$$yi = y_i - 1 + (\Delta y_i - 1)$$

Контролем вычислений служит равенство вычисленных значений координат узловой точки и полученных при уравнивании системы полигонометрических ходов.

Для оценки точности полигонометрического хода вычисляют абсолютную линейную невязку

$$Ws = \pm\sqrt{W_x^2 + W_y^2} \qquad (52)$$

и относительную линейную невязку хода $\frac{Ws}{\sum s}$.

Пример вычисления и уравнивания полигонометрического хода приведен в таблице 23.

Таблица 23 – Вычисление и уравнивание системы полигонометрических ходов с одной узловой точкой

Название исходного пункта	Число углов n	Длина хода ΣS, км	Вычисленные результаты из ходов	δ_α δ_x δ_y	P_α P_x P_y	$P_\alpha \cdot \delta_\alpha$ $P_x \cdot \delta_x$ $P_y \cdot \delta_y$	Уравненные $\alpha = \alpha_0 + \Delta\alpha$ $x = x_0 + \Delta x$ $y = y_0 + \Delta y$	Невязки W_α W_x W_y	Контроль $\Sigma(P_\alpha \cdot W_\alpha)$ $\Sigma(P_x \cdot W_x)$ $\Sigma(P_y \cdot W_y)$
№ 127, пир. № 129, пир. № 130, пир.	10 8 7		139°24'42" 23 30 24 48	+ 72" + 00 + 78	0,10 0,12 0,14	+ 7,20 + 0,00 + 10,92	139°24'20"	+ 22 - 50 + 28	+ 2,2 - 6,0 + 3,9
			α_0 = 138o23'30" $\Delta\alpha = \frac{18{,}12}{0{,}36} = \pm 50''$		Σ 0,36	+ 18,12			Σ + 0,1
№ 127, пир. № 129, пир. № 130, пир.		— — —	4 562 093,6 93,2 95,3	+ 0,6 + 0,2 + 2,3	0,38 0,22 0,19	+ 0,23 + 0,04 + 0,44	4 592 093,9	- 0,3 - 0,7 + 1,4	- 0,11 - 0,15 + 0,27
			x_0 = 4 562 093,0 $\Delta x = \frac{0{,}71}{0{,}79} = +0{,}9$		Σ 0,79	+ 0,71			Σ + 0,01
№ 127, пир. № 129, пир. № 130, пир.		— — —	9 596 396,8 98,5 99,5	+ 0,8 + 2,5 + 3,5	0,38 0,22 0,19	+ 0,30 + 0,55 + 0,66	9 596 397,9	- 1,1 + 0,6 + 1,6	- 0,42 + 0,13 + 0,30
			y_0 = 9 596 396,0 $\Delta y = \frac{1{,}51}{0{,}79} = +1{,}9$		Σ 0,79	+ 1,51			Σ + 0,01

Таблица 24 – Вычисление и уравнивание полигонометрического хода

Название пункта (точки)	Измеренный угол β, градусы	Дирекционный угол α, градусы	Длина сторон S, м	Cos α Sin α	Приращение координат		Координаты точек	
					Δx	Δy	x	y
№ 123, пир.								
	+ 4	17°21'16"						
№ 123, сигн.	182o17'49"			0,941 750	- 0,7	- 0,5	4 189 521,1	7 228 241,6
	+ 4	199 39 09	821,3	0,336 314	- 773,5	- 276,2	8 746,9	7 964,9
1	176 13 24			0,961 851	- 0,7	- 0,4	8 010,7	7 755,3
	+ 4	195 52 37	764,7	0,273 572	- 735,5	- 209,2	4 187 018,1	7 227 503,2
2	178 21 13			0,969 309	- 0,9	- 0,6	6 086,1	7 244,2
	+ 4	194 13 54	1023,1	0,245 843	- 991,7	- 258,4	4 185 606,3	7 227 287,4
3/0	181 16 23			0,963 604	- 0,8	- 0,3		
	+ 4	195 30 21	966,4	0,267 337	- 931,2	+ 43,5		
4	159 18 03			0,995 892	- 0,5			
№ 1310	+ 4	174 48 28	481,3	0,090 498	- 479,3			
(узловая)	154 16 18							
ОРП-1		149 04 50						

$\Sigma\beta = 1031^{o}43'10''$; $\alpha_{выч} = 149^{o}04'26''$; $\Sigma\Delta x$, $\Sigma\Delta y$ = - 3911,2; - 951,8;
$180\,(n-1) = 900^{o}$; W_{β} = - 24"; ΣS = 4056,8; $(x_К - x_Н)$, $(y_К - y_Н)$ = - 3914,8; - 954,2;
W_x = + 3,6; W_y = + 2,4;

$$-\frac{W_x}{0{,}01\sum S_i} = -0{,}09; \quad -\frac{Wy}{0{,}01\sum S_i} = -0{,}06; \quad Ws = \pm\sqrt{W_x^2 + W_y^2} = \pm 4{,}3м; \quad \frac{Ws}{\sum S} = \frac{1}{940}.$$

4.2.3 Отыскание грубых ошибок в полигонометрических ходах

Наличие грубых просчетов обычно подтверждается недопустимой величиной линейной и угловой невязок. Выявление точек и сторон хода, где допущен грубый просчет, проводится путем дополнительных вычислений.

Для обнаружения точки хода, на которой допущена грубая ошибка в измерении угла, вычисляют дирекционные углы и координаты точек хода сначала от исходного пункта N к пункту К (рисунок 59), а затем от пункта К к пункту N.

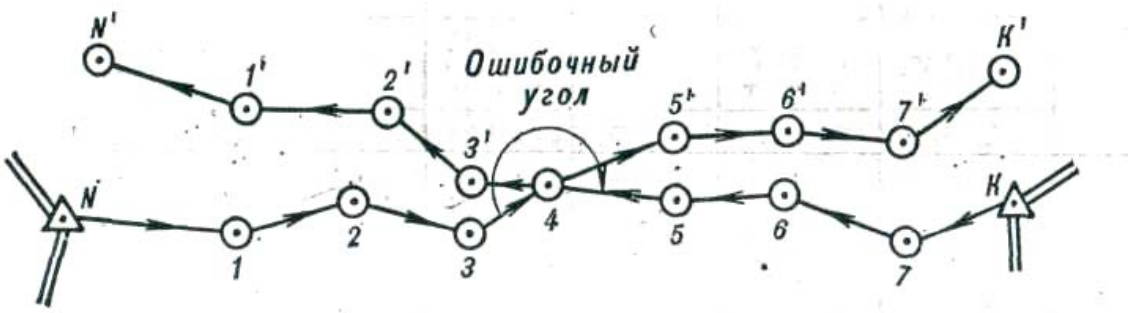


Рисунок 59 – Схема для нахождении ошибки в измерении угла при проложении полигонометрического хода

Угловая невязка в этом случае не распределяется.

При таком порядке вычислений координаты всех точек, полученные из «прямого» и «обратного» ходов, будут резко отличаться друг от друга, за исключением точки с ошибочно измеренным углом (значения координат этой точки, полученные из двух вычислений, будут очень близкими друг к другу). Угловые измерения на этой точке выполняют в полевых условиях заново, а для контроля измеряют углы и на соседних точках.

Для обнаружения стороны хода, в которой допущен грубый просчет при измерении линии, вычисления выполняют следующим образом: по уравненным дирекционным углам и измеренным сторонам вычисляются координаты точки К (рисунок 60), ошибочно определенные из-за просчета при измерении линий.

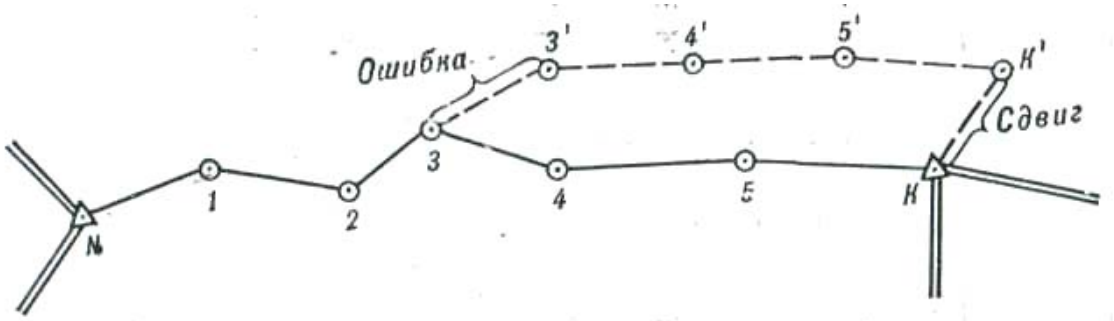


Рисунок 60 – Схема для нахождения ошибки в измерении сторон при проложении полигонометрического хода

Из решения обратной геодезической задачи по координатам точки К' и пункта К находят величину сдвига и дирекционный угол сдвига К К". Вычисленный - дирекционный угол сдвига КК' будет близок (с точностью 1 – 5°) к дирекционному углу той стороны, в которой допущен просчет при измерении линии. Величина сдвига указывает величину ошибки.

Ошибочно определенная сторона снова измеряется на местности. При наличии нескольких сторон с близкими значениями дирекционных углов проводятся повторные измерения длин всех линий.

Отыскание ошибок указанными способами возможно при условии, что в полигонометрическом ходе допущен только один грубый просчет в измерении угла или линии. При наличии двух и более просчетов ошибки вычислениями не выявляются, и все полевые измерения повторяются заново.

4.2.4 Определение координат точек методом триангуляции

Определение координат точек методом триангуляции заключается в построении на местности системы смежных треугольников, вершинами которых являются определяемые и вспомогательные точки.

Треугольники могут образовывать ряды (рисунок 61), центральные системы (рисунок 62), сплошные сети. Отдельные точки могут определяться из вставок в треугольники (рисунок 63). При этом любая из принятых систем должна опираться, на две исходные стороны ГГС, а каждая из определяемых точек должна входить одновременно не менее чем в два треугольника. Частным случаем триангуляции при определении координат отдельных точек являются засечки, суть которых заключается в построении треугольников, образованных односторонними направлениями с исходных пунктов на определяемую точку или с определяемой точки на исходные пункты ГГС.

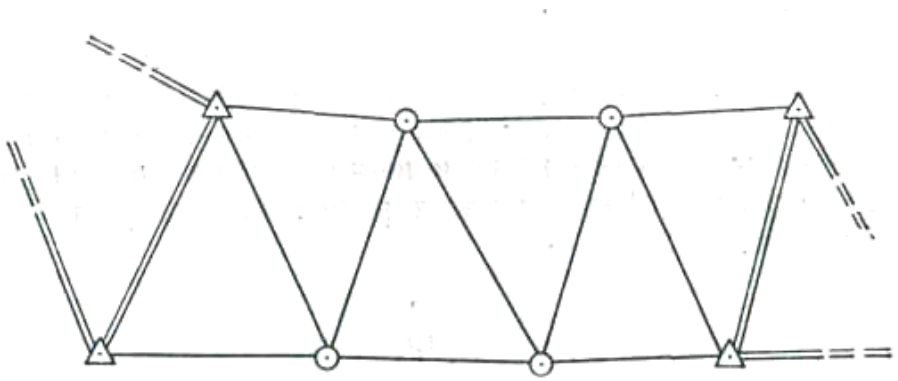


Рисунок 61 – Ряд треугольников

В зависимости от того, где выполняются измерения, различаются следующие виды засечек: прямая, обратная и комбинированная.

Для определения координат достаточно знать два направления с исходных пунктов на определяемую точку или три направления с определяемой точки на исходные пункты, однако в этом случае грубые просчеты в из-

мерениях и вычислениях не контролируются, поэтому в практике геодезических работ используют большее число направлений.

Прямой засечкой координаты точки определяются по измеренным направлениям с трех и более исходных пунктов (рисунок 65).

Обратной засечкой координаты определяются по измеренным направлениям с определяемой точки на четыре и более исходных пункта (рисунок 66).

Комбинированной засечкой координаты точки, определяются по измеренным направлениям с одного исходного пункта на определяемую точку и по направлениям с определяемой точки на три исходных пункта (рисунок 67).

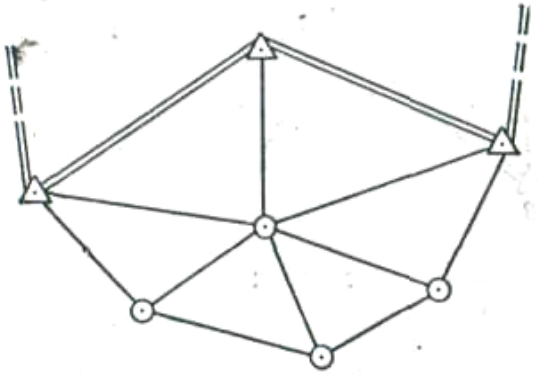


Рисунок 62 – Центральная система

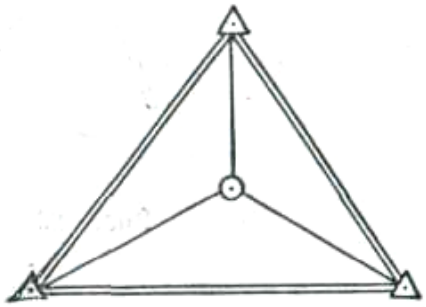


Рисунок 63 – Вставка точки в треугольник

Все виды засечек в основном равноценны по точности, но несколько различаются по объему полевых измерений. При прямой засечке измерения выполняются на трех исходных пунктах. В комбинированной засечке измерения выполняются на одном исходном пункте и на определяемой точке. В обратной засечке полевые измерения выполняются только на определяемой точке.

Полевые работы при определении координат точек методом триангуляции включают рекогносцировку, закрепление точек на местности и измерение горизонтальных направлений.

В процессе рекогносцировки проверяются сохранность центров и знаков на пунктах ГГС и видимость по всем запроектированным направлениям, уточняется местоположение точек. Как правило, одновременно с рекогносцировкой производится закрепление точек на местности.

Определяемые точки закрепляются специальными центрами. На точках устанавливаются переносные наружные знаки, а при необходимости строятся постоянные знаки в виде простых пирамид или вех.

Горизонтальные направления измеряются точными оптическими теодолитами. Порядок измерения горизонтальных направлений (углов) изложен в разделе 3.1.

Элементы приведения на исходных пунктах ГГС и точках, где установлены наружные знаки, определяются, как правило, графическим способом. Порядок определения элементов приведения изложен в разделе 3.1.

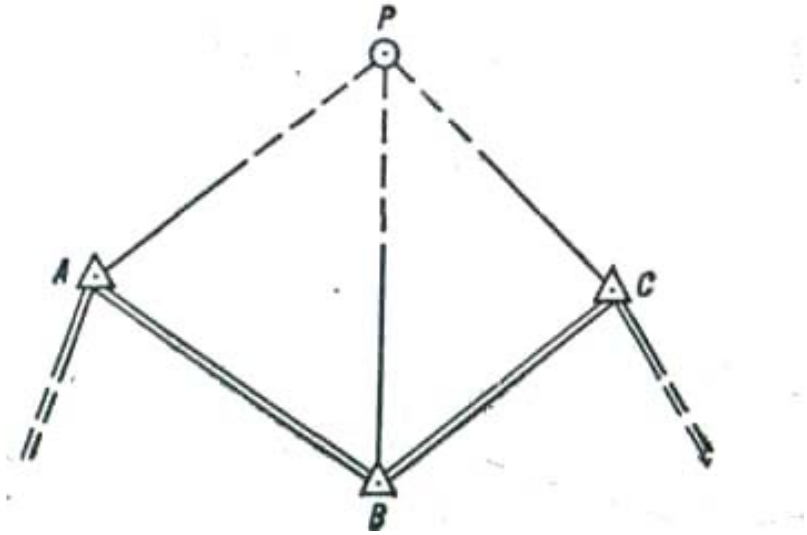


Рисунок 64 – Прямая засечка с трёх пунктов

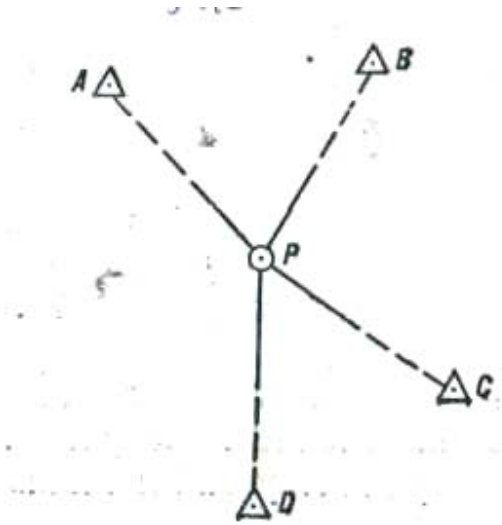


Рисунок 65 – Обратная засечка по четырем пунктам

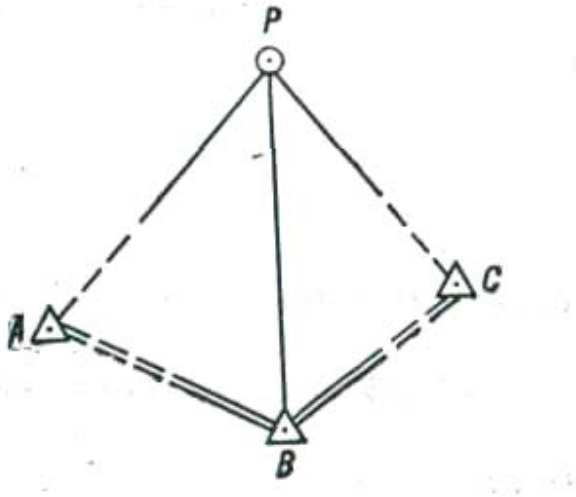


Рисунок 66 – Комбинированная засечка по трем пунктам

Вычислительные работы при определении координат точек методом триангуляции включают:

– обработку полевых материалов и предварительные вычисления;
– вычисление координат точек, определенных засечками;
– уравнивание триангуляции.

В ходе обработки полевых материалов и предварительных вычислений проводятся:

– проверка журналов измерения горизонтальных углов (направлений) и центрировочных листов;

– приведение измеренных направлений к центрам пунктов (точек) .и на плоскость проекции Гаусса;

– уравнивание направлений на станции.

Приведение измеренных направлений к центрам пунктов и на плоскость проекции Гаусса, а также уравнивание направлений на станции осуществляются по формулам (13), (14), (17) и (18). Примеры вычисления приведены в таблице 22 и 23. Вычисление прямой засечки выполняется двумя способами:

– по котангенсам углов треугольников;

– по котангенсам дирекционных углов направлений.

Первый способ ограничений не имеет. Второй способ применяется в случае, когда значения дирекционных углов направлений находятся в пределах 5 – 85°, 95– 175°, 85 – 265°, 275 – 355°.

Вычисление прямой засечки по котангенсам углов треугольников выполняется по формулам:

$$x_p = \frac{x_a\, ctg\beta + x_b\, ctg\alpha + y_b - y_a}{ctg\alpha + ctg\beta};$$
$$y_p = \frac{y_a\, ctg\beta + y_b\, ctg\alpha + x_b - x_a}{ctg\alpha + ctg\beta}. \qquad (53)$$

Контроль:

$$x_b = \frac{x_p\, ctg\alpha + x_a\, ctg\gamma + y_a - y_p}{ctg\alpha + ctg\gamma}. \qquad (54)$$

Обозначение исходных пунктов и углов треугольника осуществляется по следующему правилу (рисунок 67): если смотреть с исходной стороны *AB* на определяемую точку *P*, то пункт, находящийся слева, обозначается буквой *A*, и внутренний угол при нем – буквой α, а пункт, находящийся справа, обозначается буквой *B*, и внутренний угол при нем – буквой β.

Обозначение исходных пунктов и углов треугольника осуществляется по следующему правилу (рисунок 68): если смотреть с исходной стороны *AB* на определяемую точку *P*, то пункт, находящийся слева, обозначается буквой *A*, и внутренний угол при нем – буквой α, а пункт, находящийся справа, обозначается буквой *B*, и внутренний угол при нем – буквой β.

За окончательное значение координат определяемой точки принимается среднее арифметическое из полученных результатов. Допустимые расхождения в значениях координат устанавливаются инструкцией. Пример вычислений приведен в таблице 25.

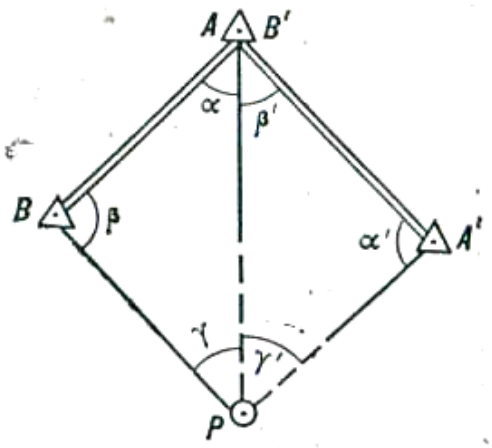


Рисунок 67 – К вычислению прямой засечки по котангенсам углов треугольников

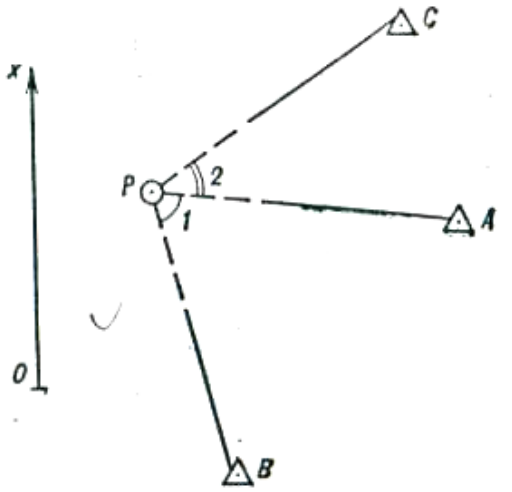


Рисунок 68 – К вычислению прямой засечки по котангенсам дирекционных углов направлений

Таблица 25 – Вычисление прямой засечки по катангенсам углов треугольников

Название пункта (точки)	γ α β	x_p x_a x_b	ctg α + ctgγ ctgγ ctg α ctg β ctg α + ctgβ	y_p y_a y_b
P, № 0801	120°15'33"	6 407 998,5	+ 0,805051	7 58 797,4
A,№ 671, пир.	35 45 5	6 408 407,7	- 0,583 398	7 585 677,3
B,№ 660, пир.	23 58 42	6 411 279,2	+ 1,388 449	7 580 202,1
	180 00 00		+ 2,248 322	
			+ 3,636 771	
			+ 1,190 053	
P, № 0801	82 07 57	6 07 998,7	+ 0,138 184	7 582 97,0
A,№ 660, пир.	43 33 07	6 411 279,2	+ 1,051 869	7 580 202,1
B,№ 645, пир.	54 18 56	6 406 199,0	+ 0,718 161	7 579 739,3
	180 00 00		1,770 030	
ТЧК № 0801	Среднее	6 407 998,6		7 582 797,2

Вычисление прямой засечки по котангенсам дирекционных углов выполняется по формулам:

$$y_p = y_b + \frac{(y_b - y_a)ctga_{ap} + (x_a - x_b)}{ctga_{bp} - ctga_{ap}};$$
$$x_p = x_a + (y_p - y_a)ctga_{ap} \qquad (55)$$

Контроль

$$y_p = y_b + \frac{x_p - x_b}{ctg\alpha_{bp}} \qquad (56)$$

где x_a, y_a, x_b, y_b – координаты исходных пунктов *A* и *B*;

x_p, y_p – координаты определяемой точки *P*;

α_{ap}, α_{bp} – дирекционные углы направлений с исходных пунктов *A* и *B* на определяемую точку *P*.

Обозначение исходных пунктов осуществляется по следующему правилу (рисунок 69): буквой *B* обозначается пункт, направление с которого на определяемую точку *P* образует острый угол с направлением оси абсцисс *x*, второй пункт обозначается буквой *A*. За окончательное значение координат точки принимается среднее арифметическое из полученных результатов.

Пример вычисления приведен в таблице 26.

Таблица 26 – Вычисление прямой засечки по котангенсам дирекционных углов

Название пункта (точки)	α_{bp} α_{ap}	x_b $x_p - x_b$ x_p $x_p - x_a$ x_a $x_a - x_p$	ctg α_{bp} ctg α_{ap} ctg α_{bp} – ctg α_{ap}	y_b $y_p - y_b$ y_p $y_p - y_a$ y_a $y_a - y_p$
В, № 660, пир.		6 411 279,2		7 580 202,1
	141o39'12"	- 3 280,7	- 1,26 410	+ 2 595,3
Р, № 0801		6 407 998,5		7 582 797,4
	261 54 45	- 409,2	+ 0,14 210	- 2 879,9
А, № 671, пир.		6 408 407,7		7 585 677,3
		- 2 871,5	- 1,40 620	- 5 475,2
В, № 660, пир.		6 11 279,2		7 580 202,1
		- 3 280,4	- 1,26 410	+ 2 595,1
Р, № 0801		6 407 998,8		7 582 797,2
		+ 1 799,8	+ 0,58 856	+ 3 057,9
А, № 645, пир.		6 406 199,0		7 579 739,3
		- 5 080,2	- 1,85 266	+ 462,8
ТЧК № 081	Среднее	6 407 998,6		7 582 797,3

При прямой засечке в качестве визирной цели на определяемой точке, как правило, используются телескопические вышки и другие приспособления, что позволяет значительно расширить возможность использования данного метода. Если по каким-либо условиям вышку установить непосредственно над определяемой точкой невозможно, поступают следующим образом: выбирают две вспомогательные точки, симметричные относительно определяемой, на которых поочередно устанавливают вышку, и определяют их координаты. Тогда координаты определяемой точки Р будут

$$x_p = \frac{x_1 + x_2}{2}, \; y_p = \frac{y_1 + y_2}{2}. \qquad (57)$$

Вычисление обратной засечки выполняют в следующем порядке:

– составляют схему обратной засечки (рисунок 69), на которой обозначают: буквой Р – определяемую точку; буквой В – исходный пункт; направление на который с точки Р образует более острый угол с осью абсцисс (Х); буквой А – исходный пункт, лежащий слева от пункта В (если смотреть с точки Р); буквой С – третий исходный пункт; буквой D – контрольный пункт;

– вычисляют дирекционный угол α_{ap} стороны *AP* по формуле

$$ctg\alpha_{ap} = \frac{(x_b - x_a)ctg\alpha + (x_a - x_c)ctg\beta + y_b - y_c}{(y_b - y_a)ctg\alpha + (y_a - y_c)ctg\beta + x_c - x_b}, \qquad (58)$$

где x_a, y_a, x_b, x_c, y_c – координаты исходных пунктов ГГС;

α, β – значения измеренных углов на определяемой точке *P*;

– вычисляют дирекционный угол α_{bp} стороны *BP* по формуле

$$\alpha_{bp} = \alpha_{ap} + \alpha; \qquad (59)$$

– вычисляют дирекционный угол α_{ap} стороны *BP* по формуле (52) котангенсов дирекционных углов;

– для контроля вычислений по полученным координатам определяемой точки *P* и. координатам контрольного пункта *D* вычисляют дирекционный угол α_{dp} и длину S_{dp} стороны *DP*:

$$ctg\,\alpha_{dp} = \frac{x_p - x_d}{y_p - y_d}; \qquad (60)$$

$$S_{dp} = \sqrt{(x_p - x_d)^2 + (y_p - y_d)^2};$$

– вычисляют ошибку положения определяемой точки *P* относительно исходных пунктов

$$\Delta = \frac{S_{dp}}{\rho''}\Delta\alpha \qquad (61)$$

где $\Delta\alpha = \alpha_{dp} - (\alpha_{ap} + \gamma)$;

ρ" = 206 265.

Пример вычислений приведен в таблице 27.

Таблица 27 – Вычисление обратной засечки

Название пункта (точки)	Координаты		Результаты вычислений					
	x	y						
B, № 111, сигн. A, № 123, пир. C, № 131, сигн. D, № 118, пир.	4 122 300,1 4 116 067,1 4 124 171,3 4 118 577,3	5 158 001,4 5 159 568,7 5 165 096,0 5 166 752,5	α β γ	$69^{o}55'31''$ 211 03 39 283 51 05	ctg α $y_b - y_a$ $y_a - y_c$ $x_c - x_b$	+ 0.36 545 - 1 567,3 - 5 527,3 + 1 871,7	ctg β $x_b - x_a$ $x_a - x_c$ $y_b - y_c$	+ 1,66 028 + 6 233,0 - 8 104,7 - 7 094,6
P, № 2023	4 122 064,4 $y_{контр}$ $\Delta\alpha$ Δ	5 162 154,3 5 162 154,3 + 6" 0,17 м	Знам. α_{ap} α_{bp} $\alpha_{bp} + \gamma$	- 78 77,9 23 19'20" 93 14 51 307 10 25	$y_p - y_a$ ctg α_{ap} ctg α_{bp} Разн.	+ 2 585,6 + 2,31 950 - 0,05 674 - 2,37 624	$x_p - x_d$ $y_p - y_d$ ctg α_{dp} α_{dp} S_{dp}	+ 3 487,1 - 4 598,2 - 0,75 836 $307^{o}10'31''$ 5,8 км

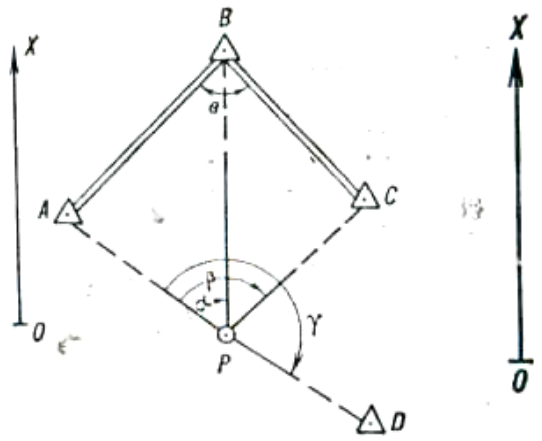


Рисунок 69 – К вычислению обратной засечки

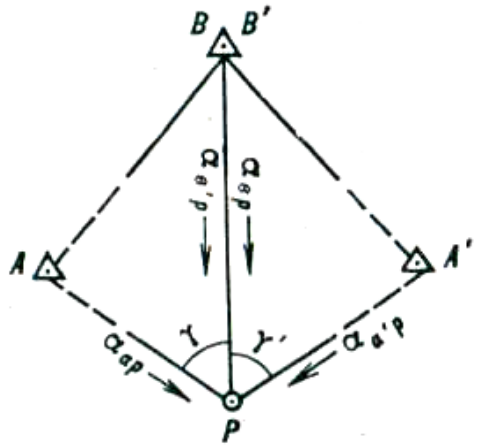


Рисунок 70 – К вычислению комбинированной засечки

Вычисление комбинированной засечки выполняется двумя способами:

– по котангенсам углов треугольников;

– по котангенсам дирекционных углов направлений.

По котангенсам углов треугольников (рисунок 66) вычисление выполняют в следующем порядке:

– вычисляют значения углов треугольников β и α';

– вычисляют по формулам (50) координаты определяемой точки *P* (пример вычисления приведен в таблице 24).

Вычисление по котангенсам дирекционных углов направлений (рисунок 70) выполняют в следующем порядке:

– вычисляют дирекционный угол с исходного пункта, где проводились измерения на определяемую точку (вычисления выполняются, как правило, одновременно с уравниванием за условие станции, пример вычисления приведен в таблице 27);

– вычисляют дирекционные углы направлений с двух других исходных пунктов на определяемую точку α_{ap} и $\alpha_{a'p}$:

$$\alpha_{ap} = \alpha_{bp} + 180^{o} - \gamma;$$
$$\alpha_{a'p} = \alpha_{bp} + 180^{o} + \gamma; \qquad (62)$$

– вычисляют по формулам (52) координаты определяемой точки *P* (пример вычисления приведен в таблице 26).

Для отработки навыков в вычислении засечек рекомендуется первоначально вычисления производить с записью промежуточных действий. Одна из возможных схем вычисления прямой засечки по котангенсам углов треугольника по действиям приведена в таблице 28.

Уравнивание триангуляции осуществляется в следующем порядке:

Таблица 28 – Вычисление дирекционных углов направлений

Название направления	Дирекционный угол $\alpha_{исх}$	Приведение направления М	$\alpha_{исх}$ - М	Δ	Уравненное направление Мур	Дирекционный угол направления α
№ 660, пир.	117°40'30",1	0°00'00",0	117°40'30",1	+ 1",8	0°00'00",0	117°40'30",1
№ 671, пир.						
№ 0801	-	23 58 40,3	-	-	23 58 42,1	141 39 12,2
№ 645, пир.	185 12 19,3	67 31 45,7	117 40 33,6	- 1,7	67 31 49,2	185 12 19,3

– вычисляют значения углов, подсчитывают суммы углов треугольников, а также находят невязки каждого треугольника

$$W_\beta = \sum \beta - 180^o; \qquad (63)$$

– уравнивают углы треугольников путем распределения невязки каждого треугольника поровну на все три угла

$$\Delta = -\frac{W_\beta}{3}; \qquad (64)$$

– вычисляют дирекционные углы сторон триангуляции;

– вычисляют по теореме синусов длины сторон первого и последующих треугольников:

$$b_i = \frac{a_i \operatorname{Sin} B_i}{\operatorname{Sin} A_i}; c_i = \frac{a_i \operatorname{Sin} C_i}{\operatorname{Sin} A_i} \qquad (65)$$

где b_i, c_i – определяемые стороны треугольника;

a_i – сторона треугольника, длина которой известна;

A_i, B_i, C_i – уравненные углы треугольника;

из решения последнего треугольника находят значение второй исходной стороны триангуляции и подсчитывают линейную невязку

$$W_i = a_{выч} - a_{исх}, \qquad (66)$$

где $a_{выч}$ – вычисленное значение второй исходной стороны триангуляции;

$a_{исх}$ – значение этой же стороны из каталога.

Полученную линейную невязку распределяют на все стороны пропорционально числу треугольников от начальной стороны триангуляции.

Координаты вспомогательных и определяемых точек находят последовательно из решения прямых геодезических задач по уравненным сторонам треугольников и их дирекционным углам. Координаты каждой точки вычисляют дважды и из полученных значений берут среднее. После вычисления координат конечного исходного пункта триангуляции вычисляют невязки:

$$\begin{aligned} W_x &= x_{выч} - x_{исх}; \\ W_y &= y_{выч} - y_{исх}. \end{aligned} \qquad (67)$$

Полученные невязки вводят в результаты вычислений, после чего вычисляют окончательные значения координат вспомогательных и определяемых точек.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Изложить сущность геодезического ориентирования.

2 Перечислить методы определения координат точек и рассказать их сущность.

3. Рассказать о порядке выполнения полевых работ при определении координат отдельных точек из системы полигонометрических ходов с одной узловой точкой.

4. Рассказать об общем порядке обработки результатов полевых измерений и вычисления системы полигонометрических ходов с одной узловой точкой.

5. Выполнить уравнивание результатов измерений на пункте ГГС № 117.

Название направления	Дирекционный угол исходной стороны $\alpha_{исх}$	Приведенное направление М
№ 118, пир. № 120, пир. Шт. 1	108°15'46",3 221 28 59,6 -	0°00'00",0 113 13 18,5 240 17 29,4

6. Вычислить угловую невязку отдельного полигонометрического хода, если:

$\alpha_Н$ = 262°17'30";

$\alpha_К$ = 226 10 01;

$\Sigma\beta$ = 1656°07'40";

n = 10

7. Вычислить относительную линейную невязку полигонометрического хода, если W_x = – 1,2 м; W_y = 8,2; ΣS=9320 м.

8. Рассказать о порядке выполнения полевых работ при определении координат прямой засечкой. Рассказать об общем порядке вычисления прямой засечки.

9. Изложить общий порядок выполнения полевых работ при определении координат обратной и комбинированной засечками.

10. Координаты точки № 0882 определялись методом прямой засечки с трех пунктов ГГС. Вычислить координаты данной точки по котангенсам измеренных углов треугольников и котангенсам дирекционных углов направлений, если дано:

а) координаты трех исходных пунктов, и дирекционные углы направлений с исходных пунктов на определяемый;

Задача № 1

Название пункта	x_1 x_2 x_3	y_1 y_2 y_3	α_{ap} α_{bp} α_{cp}
№ 117 № 121 № 124	6 371 371,2 6 369 946,6 6 367 423,2	9 428 552,4 9 427 697,0 9 428 913,9	155°59 43" 106 38 04 14 00 44

Ответ: $x_{ср}$ = 6 369 433,1; $y_{ср}$ = 9 429 415,5.

б) координаты трех исходных пунктов и внутренние углы при них;

Задача № 2

Название пункта	x^1 x^2 x^3	y^1 y^2 y^3	α^1 β^1 α^2 β^2
№ 117 № 121 № 124	6 371 371,2 6 369 946,6 6 367 423,2	9 428 552,4 9 427 697,0 9 428 913,9	54°59 34" 75 39 01 47 37 10 39 45 30

Ответ: $x_{ср}$ = 6 369 433,1; $y_{ср}$ = 6 429 415,6.

11. Определить координаты точки № 0889 с трех пунктов ГГС прямой засечкой.

Измеренные направления:

№ 116, сигн.

№ 117, сигн. 0°00'00"; 0889 24°30'59"; № 110, сигн. 188°45'10".

№ 108, пир.

№ 116, сигн. 0°00'00"; 0889 48°09'50"; № 114, сигн. 140°55'38".

№ 117, сигн.

№ 116, сигн. 0°00'00"; № 118, сигн. 292°59'03"; 0889 309°16'28".

Исходные данные:

Название пункта	X Y	На какой пункт	Дирекционный угол
№ 108, сигн.	4 125 442,3 7 201 467,7	№ 116 № 114	90о37'58" 231 33 36
№ 116, сигн.	4 125 369,8 7 208 026,5	№ 117 № 110	221 18 43 50 03 45
№ 117, сигн.	4 120 570,5 7 203 808,5	№ 116 № 108	41 18 43 334 17 53

Ответ: $x_{ср}$: = 4 123 276,0; $y_{ср}$ = 7 203 360,2.

12. Определить координаты точки № 0774 комбинированной засечкой. Исходные данные:

№ 148, сигн.;
x = 4 107047,0;
y = 7148 515,2;
	№ 154, пир.;
	x = 4 105 151,9;
	y =7 150 999,7
		№ 152, сигн.;
		x = 4 099 765,1;
		y = 7 147 794,0.

Измеренные направления:

0774		№ 152, сигн.	
№ 148, сигн. № 154, пир. № 152, сигн.	0°00'00" 24 45 58 81 05 14	0774 № 148, сигн. № 154, пир.	0°00'00" 79 34 51 104 40 54

Ответ: x = 4 100 444,1; y = 7 145 437,9.

13. Координаты точки № 0883 определялись обратной засечкой по четырем пунктам ГГС. Вычислить обратную засечку.

Задача № 1

Исходные данные:

№ 32, сигн.	x = 4 137 488,8; y = 4 472 286,0.	№ 34, пир.	x = 4 135 931,0; y = 7 478 105,9.
№ 36, сигн.	x = 4 134 397,1; y = 7 485 130,6.	№ 38, пир.	x = 4 127 829,9; y = 7 471 705,7.

Измеренные направления:

0883

№ 32, сигн. 0°00'00"; № 34, сигн. 45°16'01"; № 36, сигн. 68°09'08";

№ 38, пир. 167°55'51".

Ответ: x = 4 130 805,7; y = 7 471 449,0.

Задача № 2

Исходные данные:

№ 63, пир.	x = 4 127829,9; y = 7 471705,7.	№ 64, пир.	x = 4 128403,1; y = 7 479 515,1.
№ 65, пир.	x = 4 121 217,8; y = 7478168,2.	№ 67, сигн.	x = 4 120 222,2; y = 7474010,2.

Измеренные направления:

0884

№ 63, пир. 0°00'00"; № 64, пир. 74°17'36"; № 65, пир. 132°.43'44";

№ 67, сигн. 171°51'54".

Ответ: x = 4 124 651,9; y =7 472 383,1.

5 Определение высот отдельных точек

В зависимости от требуемой точности, характера местности и условий видимости, плотности исходных нивелирных пунктов, а также наличия сил, средств и времени высоты отдельных точек определяются:

– методом геометрического нивелирования;

– методом тригонометрического нивелирования.

Метод геометрического нивелирования применяется обычно в полузакрытой и закрытой равнинной местности, а также в условиях ограниченной видимости. Данный метод является наиболее точным.

Метод тригонометрического нивелирования применяется в открытой и полузакрытой равнинной или всхолмленной местности, в условиях хорошей видимости, и, как правило, с передачей превышений по сторонам полигонометрии или триангуляции. Данный метод уступает по точности методу геометрического нивелирования, но является более экономичным (требует меньших затрат времени, сил и средств).

5.1 Определение высот точек методом геометрического нивелирования

Определение высот точек методом геометрического нивелирования заключается в проложении на местности нивелирных ходов, состоящих из последовательно расположенных нивелирных станций.

Трассы нивелирных ходов выбираются на местности с наименьшими уклонами рельефа, в обход препятствий (оврагов, озер, болот) и участков с рыхлыми и оползневыми грунтами. В этих целях максимально используется дорожная сеть, а в лесах – просеки и широкие тропы. Ходы прокладывают только в одном направлении, если они опираются на два и более исходных пункта, и обязательно в прямом и обратном направлениях, если ход опирается только на один исходный пункт.

Наблюдения и вычисления на станциях выполняются в порядке, изложенном в разделе 3.3. Рейки устанавливаются на специальные башмаки (рисунок 71, *а*) или на прочно забитые в землю костыли (рисунок 71, *б*).

Вычисление нивелирных ходов состоит из предварительных вычислений и уравнивания высот определяемых точек.

Предварительные вычисления включают:

– контроль вычислений в полевых журналах;

– вычисление суммарных превышений по ходу от исходного пункта до определяемой точки и введение необходимых поправок.

В полевых журналах проверяется вывод превышений на каждой станции по черной и красной сторонам реек и проводится постраничный контроль записей и превышений (таблица 27).

При постраничном контроле подсчитываются и записываются внизу каждой страницы журнала:

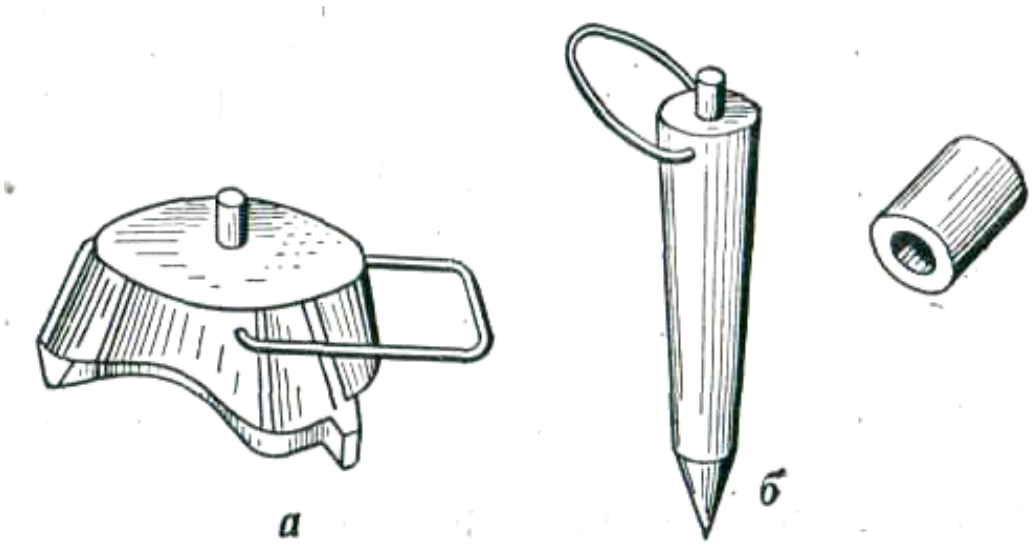


Рисунок 71 – Переносные фиксаторы для реек: *а* – башмак; *б* – костыль

– сумма отсчетов по черным и красным сторонам задних реек (15);

– сумма отсчетов по черным и красным сторонам передних реек (16);

– сумма превышений, вычисленных по черным и красным сторонам реек (17);

– сумма средних превышений (18);

– дальномерное расстояние участка хода (19);

– разность суммы превышений по задним и передним рейкам (20).

При четном числе станций на странице разность итогов по графам 3 и 4 должна дать сумму превышений, полученную по графе 5, и удвоенную сумму превышений по графе 6.

При нечетном числе станций итог в графе 5 должен отличаться от удвоенной величины итога графы 6 на 100 единиц. Обычно во избежание этого неудобства на одной странице журнала записывается только четное число станций.

Такой же заключительный контроль проводится по всему ходу. Следует заканчивать ход между реперами четным числом станций.

Это удобнее при вычислении итогов, так как при четном числе станций на величину невязки хода не скажется разница в положении нулей обеих реек и обеих сторон реек. Величина общего измеренного превышения между исходным пунктом и определяемой точкой находится как сумма итогов графы 6 постраничного контроля $h_o = \Sigma h$. В общее измеренное превышение вводится поправка δ_h за среднюю длину метра реек

$$\delta_h = \Delta M\,|h_o|, \qquad (68)$$

где ΔM – средний поправочный коэффициент одного метра пары реек, выбранный из материалов исследований, мм;

$|h_o|$ – абсолютная величина превышения h_o, м.

При отрицательном значении коэффициента ΔM абсолютная величина превышения уменьшается на величину поправки δ_h при положительном – увеличивается. Исправленное общее превышение будет

$$h = |h_o| \pm \delta_h. \qquad (69)$$

Вычисление и уравнивание высот определяемых точек выполняют в следующем порядке (таблица 29):

– вычисляют и распределяют невязку нивелирного хода;
– вычисляют абсолютные высоты определяемых точек.

Таблица 29 – Полевой журнал

Дата: *2.7.71 г.* Погода: *ясно, тихо*

Начало: *7 ч 30 мин* Видимость: *хорошая*

Ход от реп. № 606 до пункта ГГС № 217

№ станции / № пикета	Дальномерное расстояние до задней и передней реек	Отсчет по рейке		Превышение	Среднее превышение, мм
		задней	передней		
1 / 606 - 1	447 (7) 445 (8)	1043(1) 596 (2) 5283 (6) 4687 (9)	1354 (3) 909 (4) 5695 (5) 4786 (10)	- - 313 (11) - 412 (12) + 99 (14)	- - 312 (13)
2 / 1 - 2	445 440	710 265 5052 4787	912 472 5159 4687	- - 207 - 107 -100	- - 207
3 / 2 - 3	345 344	873 528 5215 4687	055 711 5498 4787	- - 183 - 283 - 100	- - 183
4 / 3 - 4	445 448	616 171 4958 4787	917 469 5158 4689	- - 298 - 200 - 98	- - 299
5 / 4 – 5	341 345	1664 1323 6010 4687	1430 1085 5872 4787	- + 238 + 138 + 100	- + 238
	4045 0,81 км (19)	29401 (15) 31028 (16) - 1627 (20)	31028 (16)	- 1627 (17)	- 763 (18)

Таблица 30 – Распределение невязки

Ход от реп. № 606 до пункта № 217, пир.

Название пункта (точки)	Расстояние от исходного пункта, км	Количество станций прямо обратно	Превышение, мм			Абсолютная высота, м
			прямо	обратно	среднее	
Репер № 606	2,4	12/0	- 1020	-	- 1020 - 12	249,56
ТЧК № 0112	3,8	0/16	-	- 608	- 608 -20	248,53
№ 217, пир.						247,90
Σ	6,2	28			- 1628	

$H_2 - H_1$ = - 1660 мм; Σh = - 1628 мм; W_h = + 32 мм.

Поправка на 1 км хода $v = -\frac{W_h}{L} = -\frac{32}{6{,}2} = -5{,}2\,мм.$

Невязка нивелирного хода W_h подсчитывается по формуле

$$W_h = \Sigma_h - (H_2 - H_1), \qquad (70)$$

где Σh – сумма исправленных превышений между исходными пунктами;

H_1 и H_2 – значения высот- исходных пунктов над уровнем моря.

Невязка распределяется с обратным знаком в высоты определяемых точек пропорционально длине хода. Пример вычисления приведен в таблице 31.

При вычислении системы нивелирных ходов за высоту узловой точки принимается среднее весовое значение из результатов, полученных в каждом ходе:

$$H = H_0 + \frac{\sum(\varepsilon_i \cdot P_i)}{\sum P} \qquad (71)$$

где H_o – приближенное значение высоты узловой точки;

P_i – вес хода, вычисленный по формуле $H = H_0 + \frac{\sum(\varepsilon_i \cdot P_i)}{\sum P}$

с – произвольное число, кратное 10;

L_i – длина отдельных ходов;

$\varepsilon_i = H_i - H_0$ – разность между значениями высот H_i, полученными из отдельных ходов, и приближенным значением H_o. Пример вычисления системы нивелирных ходов приведен в таблице 31.

Таблица 31 – Вычисление системы нивелирных ходов

№ по пор.	Название исход-ного пункта	Длина хода, км	Нисх м	Измеренное превышение, м	Н м	ε мм	$P = \frac{20}{L}$	ε·Р мм	Невязка хода, мм
1	ГГС № 32	21,8	251,768	+ 8,440	260,208	0	0,9	0	- 53
2	Репер № 17	20,2	281,177	- 20,905	260,272	+ 64	1,0	+ 64,0	+ 11
3	Репер № 8	12,6	264,308	- 4,024	260,284	+76	1,6	+ 121,6	+ 23
					Но = 260,208		ΣР = 3,5	Σ ε·Р = + 185,6	

5.2 Определение высот точек методом тригонометрического нивелирования

Определение высот точек методом тригонометрического нивелирования заключается в нахождении взаимного превышения точек местности по измеренному углу наклона и расстоянию между ними (рисунок 72).

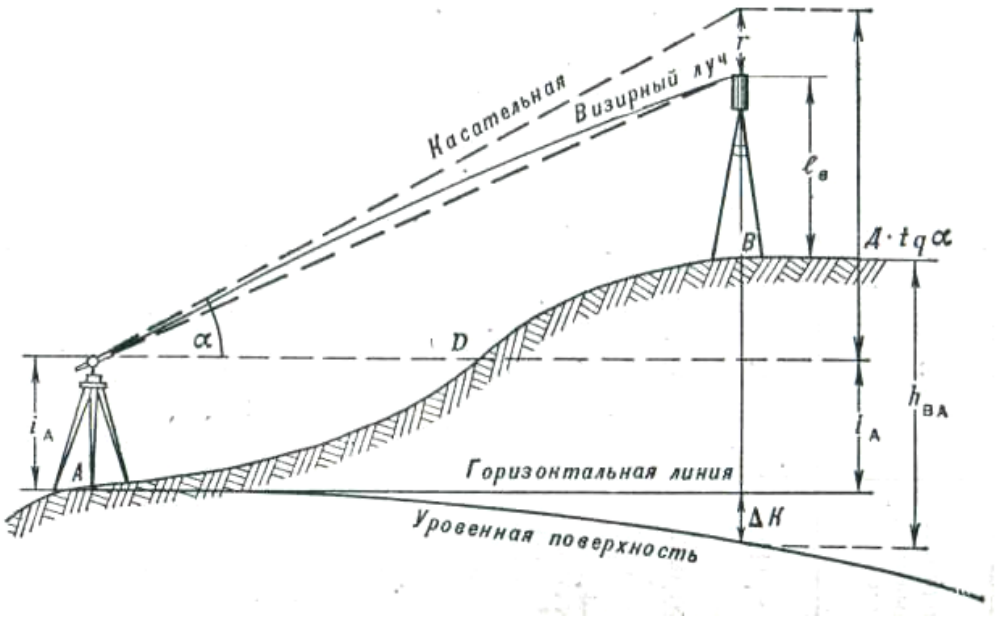


Рисунок 72 – Тригонометрическое нивелирование

Превышение точек h вычисляется по формуле

$$h_{BA} = D\ tg_{\ \alpha} + i_A - l_B + \Delta_K - r, \qquad (72)$$

где D – расстояние между точками, приведенное к горизонту;
α – угол наклона;
i_A – высота прибора;
l_B – высота визирной цели;
ΔK – поправка за кривизну Земли;
r – поправка за рефракцию.

Величины r и ΔK объединяют в одну поправку f, называемую поправкой за кривизну Земли и рефракцию, которая выбирается из соответствующих таблиц.

Зная высоту исходного пункта (точки А) и превышение h_{BA}, высоту определяемой точки найдем по формуле

$$H_B = H_A + h_{BA}. \qquad (73)$$

Превышение точек определяется по сторонам полигонометрических ходов или триангуляции.

При определении превышений по сторонам полигонометрических ходов углы наклона измеряются в прямом и обратном направлениях двумя

приемами по средней нити. В качестве визирных целей используются полигонометрические марки. Наведение средней нити осуществляется, как правило, на верхний срез марки, о чем в полевом журнале делается специальная запись или зарисовка, таблица 15. Порядок измерения вертикальных углов изложен в разделе 3.1.

На всех точках хода измеряются высота теодолита и высоты марок. Высота теодолита измеряется от колышка точки до горизонтальной оси вращения зрительной трубы, а высота марки — от колышка точки до верхнего среза марки. Измерение выполняется дважды стальной рулеткой. За окончательное значение принимается среднее.

Вычисление превышений выполняется по формуле (73). Поправка за кривизну Земли и рефракцию выбирается из таблиц и вводится всегда со знаком «плюс». По результатам измерений вычисляются прямые и обратные превышения. За окончательное значение принимается среднее. Знак среднего превышения определяется знаком прямого превышения.

Общее превышение между каждым исходным пунктом и определяемой точкой вычисляется как сумма всех средних превышений. Высота определяемой точки из каждого хода вычисляется по формуле

$$H_B = H_A + \Sigma h, \qquad (74)$$

где H_A – высота исходного пункта, м;

Σh – сумма превышений в ходе, м.

За окончательное значение высоты определяемой точки принимается среднее из результатов по всем ходам или среднее весовое значение, вычисляемое по формуле (68).

Превышение точек по сторонам триангуляции, как правило, определяются в прямом и обратном направлениях (по направлениям засечек только в прямом или обратном направлении).

Расстояния между точками (пунктами) вычисляются по координатам по формуле (7). Высота теодолита и визирной цели на пунктах ГГС измеряется дважды стальной рулеткой или мерной лентой.

Высота определяемой точки вычисляется по каждой стороне триангуляции по формуле (70) За окончательное значение высоты определяемой точки принимается среднее.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Перечислить методы определения высот точек, в чем их различие.
2. Рассказать о сущности геометрического нивелирования и перечислить способы нивелирования.
3. Рассказать о порядке измерений на станции.
4. Рассказать о порядке записи и вычислений в полевом журнале и порядке выполнения постраничного контроля результатов измерений.
5. Рассказать о сущности тригонометрического нивелирования. Перечислить способы определения превышений точек.
6. Рассказать о порядке работы на точке при тригонометрическом нивелировании.

6 Топографические карты и аэрофотоснимки

6.1 Основные разновидности карт

Понятие о карте и особенностях картографического изображения земной поверхности. Картой называется уменьшенное обобщенное изображение земной поверхности на плоскости, выполненное по определенному математическому закону и показывающее размещение, сочетания и связи природных и общественных явлений. Совокупность показанных на карте элементов и объектов местности и сообщаемых о них сведений называется содержанием карты.

От других способов передачи сведений о местности (фотоснимков, рисунков, текста и т. д.) карта отличается математическим законом построения, который выражается в использовании определенного масштаба, картографической проекции и включает переход от физической поверхности к математической; отбором и обобщением отображаемого содержания (генерализацией) – которые обусловлены назначением карты, ее масштабом и особенностями картографируемой территории; изображением всех объектов и явлений с помощью условных обозначений.

Существенными особенностями карты являются ее наглядность, измеримость и высокая информативность.

Под наглядностью карты понимают возможность зрительного восприятия пространственных форм, размеров и размещения изображенных объектов. Наиболее важное и существенное в содержании карты выделяют при ее создании на первый план, чтобы оно легко читалось. Карта создает таким образом наглядную зрительную модель, картографируемой поверхности.

Измеримость – важное свойство карты, тесно связанное с математической основой, обеспечивает возможность с точностью, допускаемой масштабом карты, определять координаты, размеры и размещение объектов местности, использовать карты при разработке и проведении различных мероприятий народнохозяйственного и оборонного значения, решении задач научно-технического характера. Измеримость карты характеризуется степенью соответствия местоположения – точек на карте их местоположению на картографируемой поверхности.

Информативность карты – это ее способность содержать сведения об изображаемых объектах или явлениях. Ни один текстовой или графический материал не может обеспечить так быстро и с такой исчерпывающей подробностью, как карта, получение сведений о расположении и особенностях изображаемых объектов и явлений.

Разновидности карт. Все карты, изображающие Поверхность Земли, в том числе моря и океаны, называются географическими картами. По своему содержанию они подразделяются на общегеографические и тематические.

К общегеографическим картам относят географические карты, на которых отображается совокупность основных элементов местности без выде-

ления каких-либо из них. Подробность изображения рельефа, гидрографии, растительного покрова, населенных пунктов, дорожной сети и других топографических элементов местности на общегеографических картах зависит от их масштаба.

К общегеографическим картам относят и топографические карты, которые представляют собой подробные карты местности, позволяющие определять как плановое, так и высотное положение точек на земной поверхности. В РФ издаются топографические карты масштаба 1:1 000 000 и крупнее. Они служат основой для составления общегеографических карт более мелкого масштаба.

К тематическим картам относят карты, основное содержание которых определяется отображаемой конкретной темой. На них с большей детальностью отображаются отдельные элементы местности или наносятся специальные данные, не показанные на общегеографических картах.

Примером тематических карт могут служить обзорно-географические, геологические и другие типы карт. К тематическим относят и специальные карты. Они предназначаются для решения специальных задач и для определенного круга потребителей. Их содержание имеет более узкую направленность. К специальным картам относятся дорожные, аэронавигационные и ряд других.

Карты с данными о поверхности дна морей, океанов и других водоемов называются морскими навигационными картами.

6.2 Математическая основа карт

При изображении физической поверхности Земли на карте (плоскости) ее вначале проектируют отвесными линиями на уровенную поверхность (рисунок 73) а затем уже по определенным правилам это изображение развертывают на плоскость.

При изображении небольшого участка земной поверхности соответствующий участок уровенной поверхности принимают за горизонтальную плоскость и, спроектировав на нее этот участок, получают топографический план местности. Геометрическая сущность такого изображения заключается в следующем. Если из каждой точки какой-нибудь прямой АВ (рисунок 74), произвольно расположенной в .пространстве, опустить перпендикуляр на горизонтальную плоскость Р. (плоскость проекций), то точки пересечения перпендикуляров с плоскостью составят прямую *ab* которая и будет; плановым изображением прямой *AB*. Изображение в плане точек и линий земной поверхности называется их горизонтальным, приложением или горизонтальной проекцией.

В том случае, когда проектируемая линия горизонтальна, ее изображение в плане равно длине самой линии. Если проектируемая прямая наклонна, то ее горизонтальное проложение всегда короче ее длины и уменьшается с увеличением угла наклона. Горизонтальное проложение вертикальной линии представляет точку.

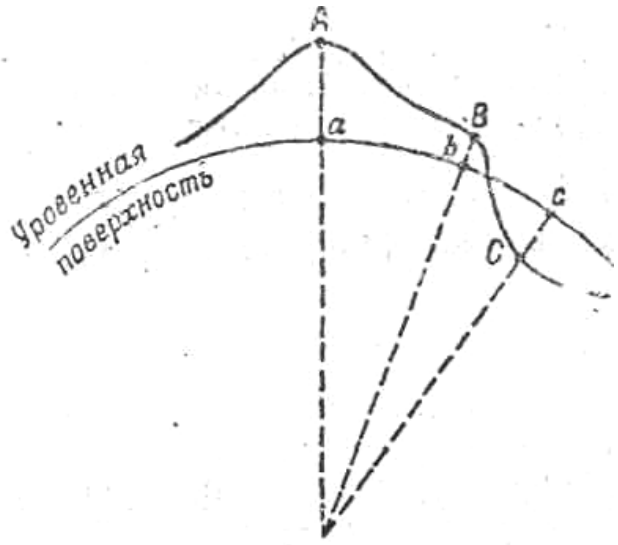


Рисунок 73 – Проектирование физической поверхности Земли на уровенную поверхность

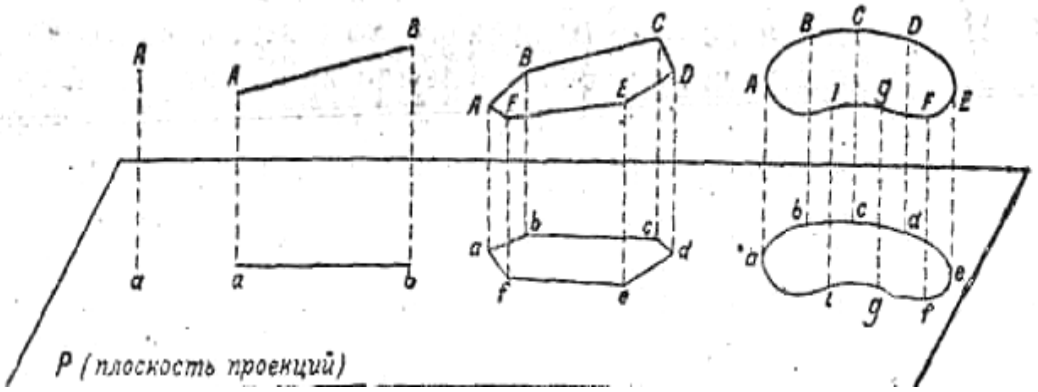


Рисунок 74 – Горизонтальное проложение (изображение в плане) точки, прямой, ломаной, и кривой линий.

При создании карты на нее наносят в заданном масштабе, то есть с определенным уменьшением, горизонтальные проложения всех-точек местности, линий, контуров, проектируя их на уровенную поверхность Земли, которую в пределах листа карты принимают за горизонтальную плоскость. На местности все линии, обычно наклонны, а, значит, их Горизонтальные проложения всегда короче самих линий.

Сущность картографических проекций. Сферическую поверхность развернуть на плоскости без разрывов и складок невозможно, то есть ее плановое изображение на плоскости нельзя представить без искажений, с полным геометрическим подобием всех ее очертаний. Полного подобия спроектированных на уровенную поверхность очертаний островов, материков и различных объектов можно, добиться лишь на шаре (глобусе). Изображение

поверхности Земли на шаре (глобусе) обладает равномасштабностью, равноугольностью и равновеликостью.

Эти геометрические свойства одновременно и полностью сохранить на карте невозможно. Построенная на плоскости географическая сетка, изображающая меридианы и параллели, будет иметь определенные искажения, поэтому будут искажены изображения всех объектов земной поверхности. Характер и размеры искажений зависят от способа построения картографической сетки, на основе которой составляется карта.

Отображение поверхности эллипсоида или шара на плоскости называется картографической проекцией. Существуют различные виды картографических проекций. Каждому из них соответствуют определенная картографическая сетка и присущие ей искажения. В одном виде проекции искажаются размеры площадей, в другом – углы, в третьем – площади и углы. При этом во всех проекциях без исключения искажаются длины линий.

Картографические проекции классифицируют по характеру искажений, виду изображения меридианов и параллелей (географической сетке) и некоторым другим признакам.

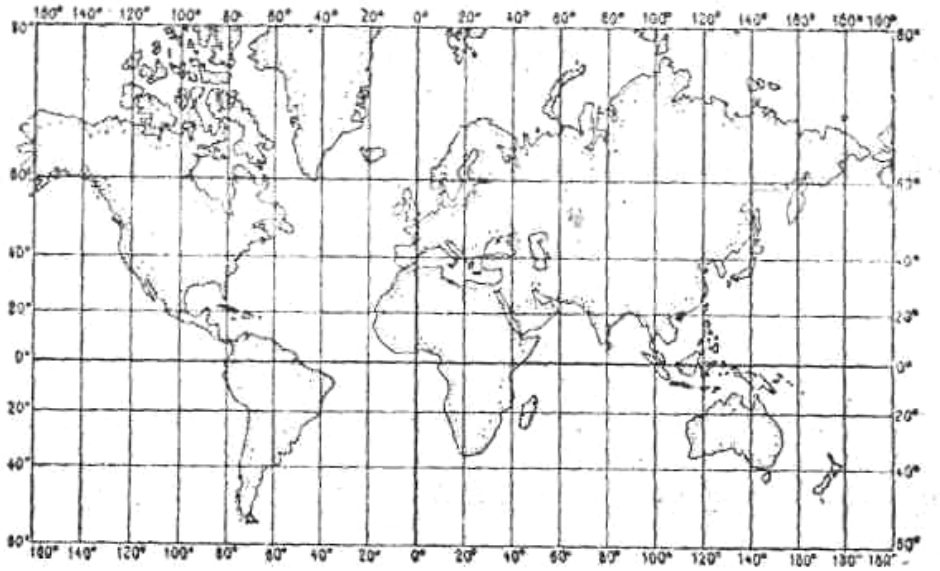


Рисунок 75 – Карта мира в равноугольной проекции

По характеру искажений различают следующие: картографические проекции:

– равноугольные, сохраняющие равенство углов между направлениями на карте и в натуре. На рисунке 75 показана карта мира, на которой картографическая сетка сохраняет свойство равноугольности. На карте сохранено подобие углов, но искажены размеры площадей. Например, площади Гренландии и Африки на карте почти одинаковы, а в действительности площадь Африки примерно в 15 раз больше площади Гренландии;

– равновеликие, сохраняющие пропорциональность площадей на карте соответствующим площадям на земном эллипсоиде. На рисунке 76 пока-

зана карта мира, составленная в равновеликой проекции. На ней сохранена пропорциональность всех площадей, но искажено подобие фигур, то есть отсутствует равноугольность.

Взаимная перпендикулярность меридианов и параллелей на такой карте сохраняется только по среднему меридиану:

– равнопромежуточные, сохраняющие постоянство масштаба по какому-либо направлению;

– произвольные, не сохраняющие ни равенства углов, ни пропорциональности площадей, ни постоянства масштаба. Смысл применения произвольных проекций заключается в более равномерном распределении искажений на карте и удобстве решения некоторых практических задач.

По виду изображения сетки, меридианов и параллелей картографической проекции подразделяются на конические, цилиндрические, азимутальные и др. Причем в пределах каждой из этих групп могут быть разные по характеру искажений проекции (равноугольные, равновеликие).

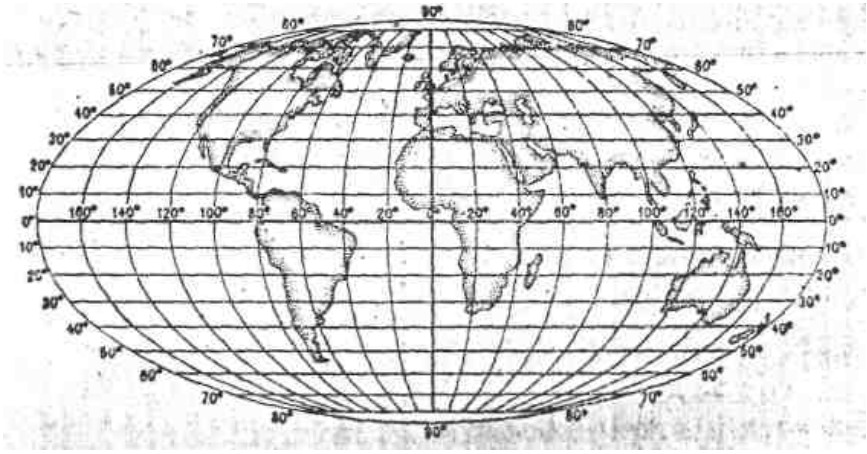


Рисунок 76 – Карта мира в равновеликой проекции

Геометрическая сущность конических и цилиндрических проекций заключается в том, что сетка, меридианов и параллелей проектируется на боковую поверхность конуса или цилиндра с последующим развертыванием этих поверхностей в плоскость. Геометрическая сущность азимутальных проекций заключается в том, что сетка меридианов и параллелей проектируется на плоскость, касательную к шару в одном из полюсов или секущую по какой-либо параллели.

Картографическую проекцию, наиболее подходящую по характеру, величине и распределению искажений для той или иной карты, выбирают в зависимости от назначения, содержания карты, а также от размеров, конфигурации и географического положения картографируемой территории. Благодаря картографической сетке все искажения, как бы велики они ни были, сами по себе не влияют на точность определения по карте географического положения (координат) изображаемых на ней объектов. В то же время картографическая сетка, являясь графическим выражением проекции, позволяет

при измерениях по карте учитывать характер, величину и распределение искажений. Поэтому любая географическая карта представляет собой математически определенное изображение земной поверхности.

6.3 Топографические карты

В РФ и большинстве стран топографические карты являются общегосударственными и используются как в интересах народного хозяйства, так и в интересах обороны страны. В ряде других стран, например в США, для решения хозяйственных задач создаются государственные топографические карты, а для решения военных задач – военно-топографические карты. Эти карты различаются между собой содержанием и оформлением.

Содержание топографических карт должно быть полным достоверным современным и точным.

Полнота содержания карт означает, что на них должны быть изображены все типичные черты и характерные топографические элементы. Существенное значение для полноты содержания карт разных масштабов имеет согласованный показ на них подробностей местности, а также подписей названий географических объектов. Карты крупного масштаба должны содержать все топографические элементы и подписи, показанные и помещенные на картах более мелкого масштаба.

Достоверность (правильность сведений, изображенных на карте на определенное время) и современность (соответствие современному состоянию отображаемого объекта) карты означают, что содержание карты должно находиться в полном соответствии с местностью на момент использования карты.

Это требование удовлетворяется периодическим обновлением карт а также их исправлением.

Требование точности карты (степени соответствия местоположения точек на карте их местоположению в действительности) означает, что изображенные на ней топографические элементы местности должны сохранять точность своего местоположения, геометрического подобия и размеров в соответствии с масштабом карты и ее назначением.

На топографических картах изображают опорные геодезические и астрономические пункты, гидрографию и гидротехнические сооружения, населенные пункты, промышленные, сельскохозяйственные и социально-культурные объекты, дорожную сеть, рельеф суши, растительный покров и грунты, границы. Подробность показа сведений о местности зависит от масштаба карты. Топографические карты РФ создаются в единой установленной системе координат и высот, имеют стройную разграфку и номенклатуру листов, а также унифицированную систему условных знаков. По ним быстро изучают и оценивают местность, ориентируются по ней, определяют координаты и высоты точек, получают качественные и количественные характеристики различных объектов местности.

Разнообразие задач, решаемых с помощью топографических карт, вызывает необходимость иметь карты различных масштабов. Для получения по карте точных измерительных данных, например при проектировании дорог; различных инженерных сооружений, нужны точные и подробные крупномасштабные карты. В то же время для приближенного определения расстояний и координат точек, изучения общего характера местности, ориентирования на местности необходимы карты хотя и менее точные и подробные, но достаточно полные, то есть карты более мелких масштабов. Однако слишком большое разнообразие масштабов топографических карт создает трудности изготовления, согласования между собой и своевременного обновления карт.

В РФ и других странах в качестве основных масштабов топографических карт приняты: 1:25 000,1:50 000, 1: 100 000, 1 : 200 000, 1 :500 000 и 1 :1 000 000.

6.4 Специальные карты и планы городов

Специальные карты – это карты, используемые для детального изучения местности, навигационного обеспечения полетов авиации, организации перевозок и решения других специальных задач.

Специальные карты подразделяются на две основные группы. К первой группе относятся специальные карты, создаваемые, как правило, заранее ко второй группе – специальные карты, создаваемые при подготовке или в ходе инженерных работ.

К специальным картам, создаваемым заранее относятся цифровые карты, обзорно-географические аэронавигационные, рельефные, карты путей сообщения, карты с гравиметрическими данными, карты геодезических данных и др.

Цифровая карта – это цифровое отображение содержания топографической или специальной карты, записанное на магнитной ленте или каком-либо другом носителе. Она может создаваться по топографическим картам, фотоснимкам, данным полевых измерений и другим источникам информации. Необходимость цифрового представления информации о местности обусловлена тем, что новые методы обработки данных базируются, на использовании ЭВМ. Путем машинной обработки цифровых карт могут быть получены различные тематические (специальные) цифровые карты (модели).

Обзорно-географические карты предназначены для изучения физико-географических условий обширных территорий. Они издаются масштабов 1:500 000, 1:1 000 000, 1 : 2 500 000, 1: 5 000 000 и 1 : 10 000 000.

Аэронавигационные карты предназначены для подготовки и навигационного обеспечения полетов авиации. На них более наглядно изображают объекты и элементы местности, являющиеся для авиации ориентирами и препятствиями в полете, а также показывают изогоны и районы аномалий магнитного склонения. Аэронавигационные карты издаются масштабов 1:2 000 000 и 1 : 4 000 000.

Рельефные карты предназначены для детального изучения и оценки рельефа местности при планировании организации инженерных работ и полетов авиации. Они изготовляются, как правило, масштабов

1:500 000 и 1:1 000 000 и дают наглядное объемное изображение рельефа с картографическим изображением других элементов местности. Основой карты является обычно белый пластик, на котором предварительно отпечатано, содержание топографической или обзорно-географической карты. Рельефные карты на отдельные горные районы обеспечивают определение условий видимости. Вертикальный масштаб карты выбирают в – зависимости от характера рельефа местности с расчетом наглядного отображения его главных форм, изучение которых позволяет определять наиболее доступные направления движения.

Вертикальный масштаб всегда крупнее горизонтального (для равнинной местности в 10 – 20 раз, холмистой в 5 – 10 раз и горной в 2 – 5 раз).

Карты путей сообщения предназначены для планирования организации железнодорожных перевозок. Они изготовляются масштабов 1 : 500 000 и 1 : 1 000 000. На них подробно отображают сеть автомобильных и железных дорог, указывают их характеристики (класс, ширину, покрытие и т. п.), а также помещают данные о мостах, туннелях: и других дорожных сооружениях, указывают расстояние между населенными пунктами и другими объектами.

Гравиметрические карты предназначены для определения значений ускорения силы тяжести и используются преимущественно при запуске искусственных спутников Земли.

Планы городов создают на территории городов, крупных железнодорожных узлов, и других населенных пунктов и их окрестностей. Они предназначены для детального изучения городов и ориентирования в них, выполнения точных измерений и расчетов.

Планы городов достоверно и точно отображают местоположение, состояние, очертание и характер сооружений элементов местности в городах и их окрестностях. Они обеспечивают наглядное отображение планировки и застройки городов, надежное ориентирование в них, быстрое определение координат и высот точек, получение необходимых качественных и количественных характеристик объектов. По содержанию планы городов согласуют с топографическими картами ближайшего более мелкого масштаба. Графическое оформление планов городов производится условными знаками для топографических карт соответствующих масштабов с учетом дополнений к ним. Обычно планы городов создаются масштабов 1:10 000 и 1 : 25 000.

Для более полного и быстрого изучения плана города, составляют справку, перечень названий улиц, подписанных на плане, и перечень выделенных на плане важных объектов. Справки, перечни названий улиц важных объектов помещают врезками на участках плана свободных от изображения-города и важных объектов, расположенных в его окрестностях, или издают отдельным листом плана либо отдельным приложением к плану.

6.5 Проекция топографических карт

Важным требованием, предъявляемым к топографическим картам, является установление единой картографической проекции, в которой должны составляться по возможности топографические карты всех масштабов. Это связано с тем, что использование топографических карт, составленных в разных проекциях, создает большие неудобства в работе.

Выбор картографической проекции для топографических карт зависит от размеров картографируемой территории и ее географического положения. Большинство стран мира для составления топографических карт используют равноугольные проекции, сохраняющие равенство углов между направлениями на карте и на местности и подобие бесконечно малых фигур. В РФ и других странах для топографических карт масштабов 1 : 25 000, – 1 : 1 000 000 принята единая равноугольная поперечно-цилиндрическая проекция Гаусса. Эта же проекция принята: у нас для, обработки результатов полевых геодезических измерений при определении координат геодезических пунктов.

Геометрическую сущность проекции топографических карт РФ можно представить следующим образом. Весь земной эллипсоид делят на зоны и для каждой зоны в отдельности составляют карты. При этом устанавливают такие размеры зон, чтобы можно было каждую из них развернуть в плоскость, то есть изобразить на карте, практически без заметных искажений.

Для получения картографической сетки и составления по ней карты по проекции Гаусса, поверхность земного эллипсоида разбивают по меридианам на 60 зон по 6° каждая (рисунок 77).

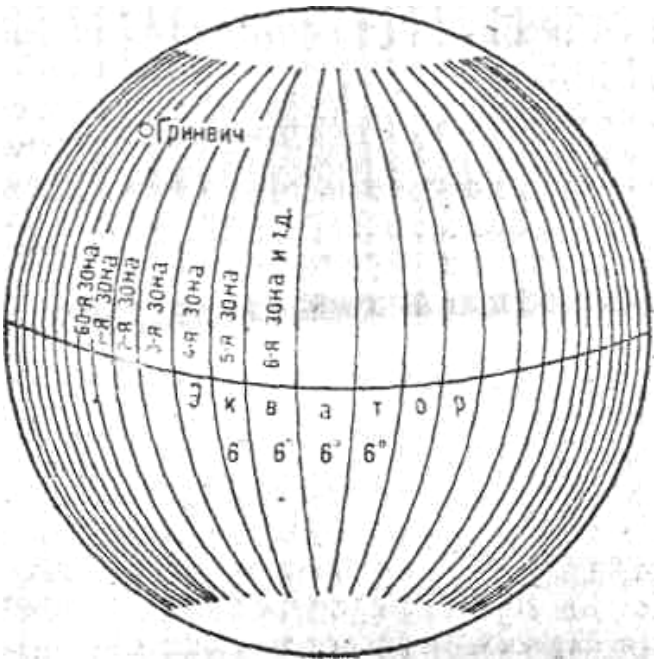
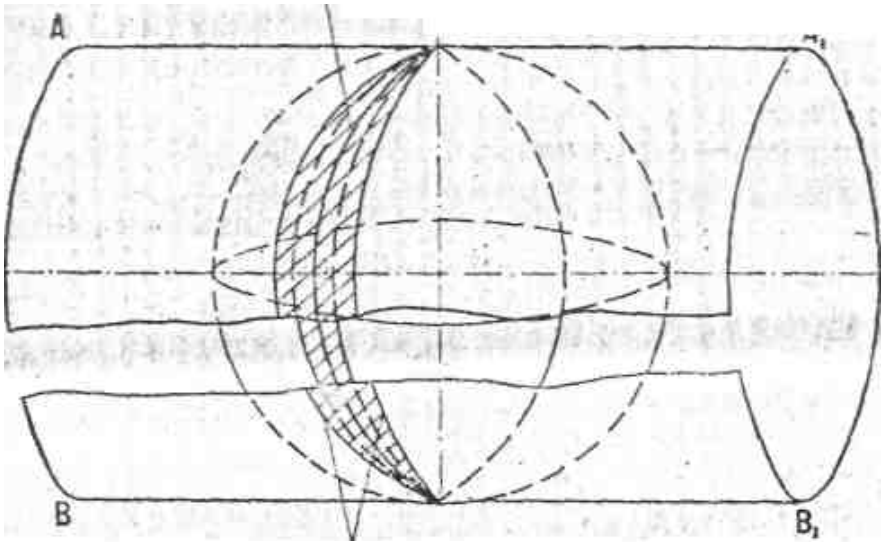


Рисунок 77 – Деление поверхности Земли на шестиградусные зоны

Чтобы представить, как получается на плоскости изображение зон, вообразим цилиндр, который касается осевого меридиана одной из зон глобуса. Зону спроектируем по законам математики на боковую поверхность цилиндра так, чтобы при этом сохранилось свойство равноугольности изображения (равенство всех углов на поверхности цилиндра их величине на глобусе). Затем спроектируем на боковую поверхность цилиндра все остальные зоны, одну рядом с другой. Разрезав далее цилиндр по образующей AA_1 или,*BB1* и развернув его боковую поверхность в плоскость, получим изображение земной поверхности на плоскости в виде отдельных зон (рисунок 78).

Осевой меридиан и экватор, каждой зоны изображаются прямыми линиями, перпендикулярными друг к другу. Все осевые меридианы зон изображаются без искажения длин и сохраняют масштаб на всем своём протяжении. Остальные меридианы в каждой зоне изображаются в проекции кривыми линиями, поэтому они длиннее осевого меридиана, то есть искажены.

Осевой меридиан



Осевой меридиан

Граница зоны на цилиндре (пунктиром – границы зоны на эллипсоиде)

Рисунок 78 – Проекция зоны на цилиндр, касательный к земному эллипсоиду по осевому меридиану.

Все параллели также, изображаются кривыми линиями с некоторым искажением. Искажения длин линий увеличиваются по мере удаления от осевого меридиана на восток или запад и на краях зоны становятся наибольшими, достигая величины порядка 1/1000 длины линии, измеряемой по карте. Например, если вдоль осевого меридиана, (рисунок 79) где нет искажений, масштаб равен 500 м в 1 см, то на краю зоны он будет равен 499,5 м в 1 см.

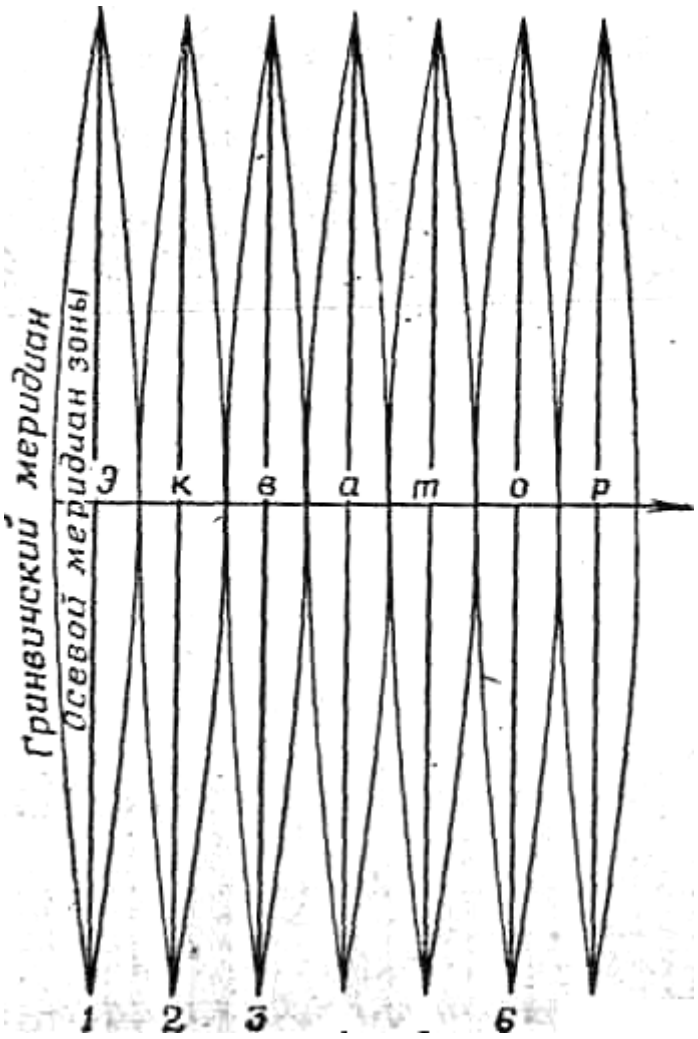


Рисунок 79 – Изображение зон земного эллипсоида на плоскости.

Отсюда следует, что топографические карты имеют искажения и переменный масштаб. Однако эти искажения при измерениях на карте очень незначительны, и поэтому считают, что масштаб любой топографической карты для всех ее участков является практически постоянным.

Благодаря единой проекции все наши топографические карты связаны с системой плоских прямоугольных координат, в которой определяется положение геодезических пунктов, а это позволяет получать координаты точек в одной и той же системе как по карте, так и при измерении на местности.

6.6 Разграфка и номенклатура топографических карт

Система разграфки топографических карт. Деление многолистной карты на отдельные листы по определенной системе называется разграфкой карты, а обозначение листа многолистной карты – номенклатурой.

Топографические карты делятся на отдельные листы линиями меридианов и параллелей. Такое деление удобно тем, что рамки листов точно указывают положение на земном эллипсоиде участка местности, изображенного на данном листе, и его ориентировку относительно сторон горизонта.

Стандартные размеры листов карт различных масштабов указаны в таблице 32.

Таблица 32 – Размеры листов карт

Масштаб карты		Размеры листа		На местности соответствует (примерно)	
				длине боковой	площади листа
		по широте	по долготе	рамки листа, км	(на широте 54°), км».
1:25 000		5	7,5	9	75
1	50 000	10	15	18	300
1	100 000	20	30	37	1 200
1	200 000	40	1°	74	5000
1	500 000	2°	3°	220	44000
1	1000000	4°	б°	440	175000

Лист карты масштаба 1 : 1 000 000 содержит целое число листов карт остальных масштабов, кратное четырем (4 листа карты масштаба 1 : 500 000, 36 листов карты масштаба 1 : 200 000, 144 листа карты масштаба 1 : 100 000 и т. д.).

В соответствии с этим установлена и номенклатура листов, единая для топографических карт всех масштабов.

Номенклатура листов карт. Номенклатура каждого листа указана над северной стороной его рамки. В основу обозначения листов топографических карт любого масштаба положена номенклатура листов карты масштаба 1 : 1 000 000.

Листы карт, заключенные между соседними параллелями, образуют ряды или пояса (рисунок 80), а листы между смежными меридианами – колонны. Ряды (пояса) листов обозначаются заглавными буквами латинского алфавита (от A до V), счет их ведется от экватора к полюсам. Колонны листов нумеруются арабскими цифрами от 1 до 60, счет их ведется от меридиана с долготой 180° с запада на восток.

Номенклатура листа карты масштаба 1 : 1 000 000 слагается из обозначений ряда (буквы) и колонны (цифры), в пересечении которых лист расположен. Например, лист с г. Москва имеет номенклатуру N-37.

Рисунок 80 – Схема листов карты масштаба 1 : 1 000 000

Размеры и расположение колонн листов карты масштаба 1:1000 000 по долготе совпадают с шестиградусными зонами проекции Гаусса, в которой составляются топографические карты. Отличие состоит лишь в том, что счет зон ведется от нулевого (Гринвичского) меридиана, а счет колонн листов миллионной карты – от меридиана 180°. Поэтому номер зоны отличается от номера колонны на 30. Отсюда, зная номенклатуру листа карты, легко определить, к какой зоне он относится, и, наоборот, по номеру зоны можно найти колонну. Например, лист карты с г. Москва расположен в седьмой зоне: 37 – 3Q = 7_t

Номенклатура листов карт масштабов 1 : 100 000 – 1 : 500 000 слагается из номенклатуры соответствующего листа миллионной карты с добавлением к ней цифры (цифр) или буквы, указывающей расположение на нем данного листа.

Счет листов всех масштабов ведется слева направо и сверху вниз (рисунок 81), при этом: листы карты масштаба 1 : 500 000 (4 листа) обозначаются русскими прописными буквами А, Б, В, Г. Следовательно, если номенкла-

тура листа миллионной карты N-37, то заштрихованный на рисунке лист карты масштаба 1 : 500 000 имеет номенклатуру N-37-В, а лист с г. Москва – N-37-А:

– листы карты масштаба 1 : 200 000 (36 листов) обозначаются римскими цифрами от I до XXXVI. Номенклатура заштрихованного на рисунке листа карты N-37-XXX;

– листы карты масштаба 1 : 100 000 нумеруются цифрами от I до 144. Например, номенклатура; листа, заштрихованного на рисунке 81, N-37-91.

Лист карты масштаба 1 : 100 000 содержит 4 листа карты масштаба 1:50 000, обозначаемые русскими прописными буквами А, Б, В, П (рисунок 82), а лист карты масштаба 1 : 50 000 – 4 листа карты масштаба 1 : 25 000, которые обозначаются строчными буквами а, б, в, г.

В соответствии с этим номенклатура листов карты масштаба 1 : 50 000 слагается из номенклатуры листа карты масштаба 1 : 100 000, а листов карты масштаба 1 : 25 000 – из номенклатуры листа карты масштаба 1 : 50 000 с присоединением к ней буквы, указывающей данный лист. Например, N-37-4-В означает лист карты масштаба 1 : 50 000, а N-37-4-В-а – лист карты масштаба 1 :25 000.

Достоинством системы разграфки и номенклатуры советских топографических карт является ее стройность и простата. Она может быть использована для всей поверхности земного- шара и исключает случаи повторения номенклатуры листов карт различных районов. Удобство рассмотренной номенклатуры, кроме того, состоит в том, что по ней легко определить широту и долготу каждого угла рамки любого листа карты, а также масштаб карты.

Так как меридианы к полюсам сближаются и, следовательно, линейные размеры северных и южных сторон рамок с увеличением широты уменьшаются, на районы севернее параллели 60° топографические карты всех масштабов издаются сдвоенными по долготе листами, а севернее параллели 76° карта масштаба 1 : 200 000 издается строенными листами, карты остальных масштабов – счетверенными листами.

Издание топографических карт масштабов 1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 100 000 и 1 : 500 000 сдвоенными, строенными и счетверенными листами производится в пределах- одинарного. или соответственно сдвоенного листа карты более мелкого масштаба. При сдваивании листов карт *л* масштабов 1 :200 000 и 1 : 1000 000 лист, расположенный западнее, имеет нечетный номер. Страивание листов карты масштаба 1 : 200 000 производится в пределах листа карты масштаба 1 : 500 000. При счетверении листов карты масштаба 1 :1 000 000 лист, расположенный восточнее всех, имеет номер колонны, кратный четырем.

Номенклатура сдвоенных, строенных или счетверенных листов, таблица 33 содержит обозначения всех отдельных листов.

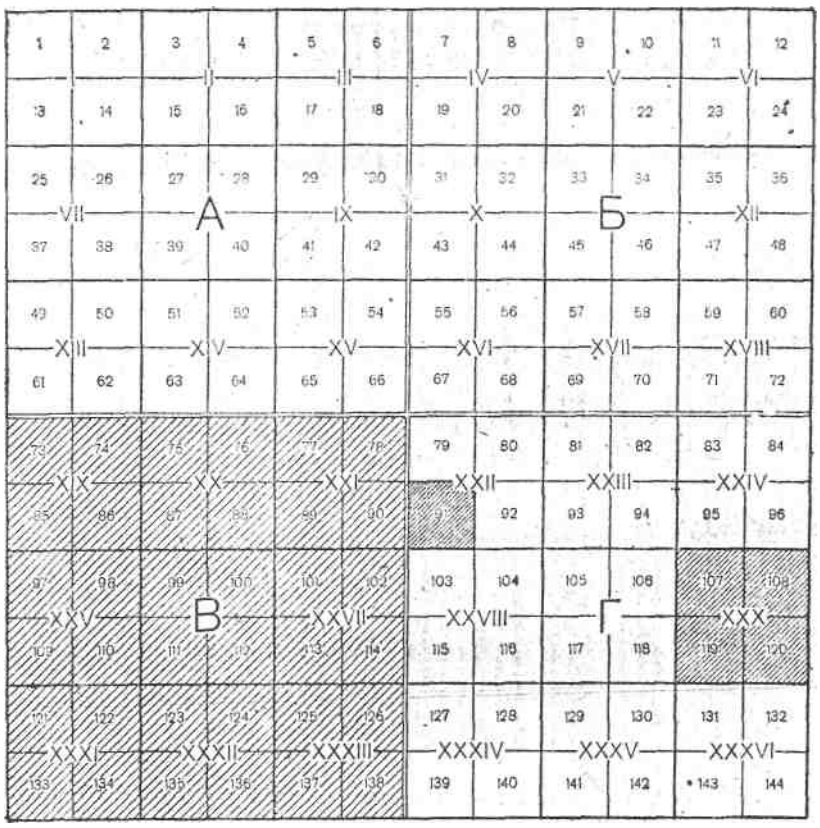


Рисунок 81 – Расположение и порядок нумерации листов карт масштабов 1: 100 000 – 1 : 500 000 на листе карты масштаба 1 : 1 000 000

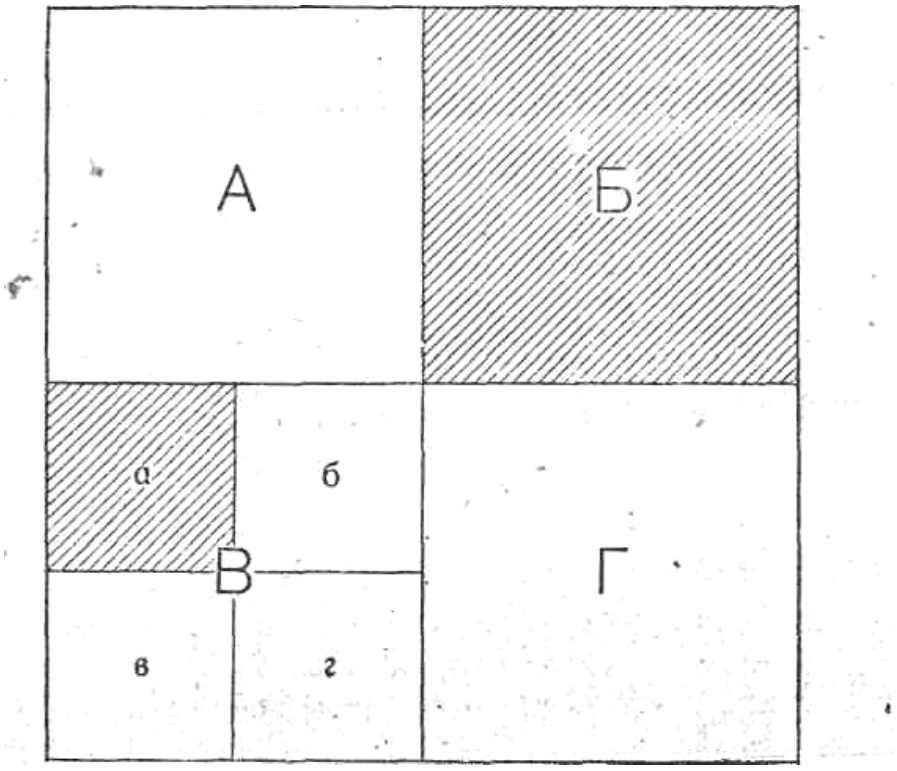


Рисунок 82 – Разграфка листов карт масштабов 1:50 000 и 1 :25 000 на листе карты масштаба 1 : 100 000

Таблица 33 – Обозначения листов карт

Масштаб карты	Номенклатура листов		
	сдвоенных	строенных	счетверенных
1:1 000 000	Q-39,40	–	U-37,38,39,40
1:500 000	P-38-А,Б	–	T-45-А,Б,46-А,Б
1:200 000	P-38-I,II	T-43-IV,V,VI	–
1:100 000	P-41-133,134	–	T-41-141,142,143,144
1:50 000	P-41-133-А,Б	–	T-41-141-А,Б,142-А,Б
1:25 000	P-41-133-А-а,б	–	T-41-141-А-а,б,Б-а,б

На листах топографических карт всех масштабов наряду с номенклатурами дают закодированные (цифровые) обозначения номенклатур и дополнительных признаков, используемых при механизированном и автоматизированном учете карт.

Кодирование номенклатуры заключается в замене в ней букв и римских цифр арабскими цифрами. При этом буквы заменяют их порядковыми номерами по алфавиту. Номера поясов и колонн карты масштаба 1 : 1000 000 обозначают всегда двухзначными числами, для чего к однозначным номерам спереди приписывают нуль. Номера листов карты масштаба 1 : 200 000 в рамках листа карты масштаба 1 : 1000 000 также обозначают двухзначными числами, а номера листов карты масштаба 1 : 100 000 – трехзначными (к однозначным и двухзначным номерам спереди приписывают, соответственно один или два нуля).

Подбор и составление заявки на карты. Для подбора необходимых листов топографических карт на конкретный район и быстрого определения их, номенклатуры имеются специальные сборные таблицы (рисунок 83).

Они представляют собой схематические бланковые карты мелкого масштаба, разделенные вертикальными и горизонтальными линиями на клетки, каждая из которых соответствует строго определенному листу карты соответствующего масштаба. На сборных таблицах указывают масштаб, подписи меридианов и параллелей, обозначения колонн и поясов разграфки миллионной карты, а, также вразрядку номера листов более крупного масштаба в пределах листов миллионной карты.

При составлении заявки на карты номенклатуры запрашиваемых листов карт перечисляют в порядке чтения сборной таблицы (слева направо и сверху вниз). Например, если необходимо получить карты масштабов

1 : 50000 и 1 : 100 000 на район, перечень номенклатур в заявке на карты должен быть следующим:

1 : 50 000

N-35-143	-А	M-35-11	-А
	Б		Б
	В		В
	Г		Г
-144	-А	-12	-А
	Б		Б
	В		В
	Г		Г
-36-133	-А	-36-1	-А
	Б		Б
	В		В
	Г		Г
-134	-А	-2	-А
	Б		Б
	В		В
	Г		Г

1 : 100 000

N-35	-143
	144
-36	-133
	134
M-35	-11
	12
-36	-1
	2

При наличии листа карты или склейки листов карт номенклатуры смежных листов можно определить по подписям номенклатур на сторонах рамок листов карт.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Назовите основные отличительные особенности географической карты.
2. Как классифицируются географические карты по содержанию?
3. В чем заключается сущность математической основы карт?
4. Назовите назначение картографических проекций?
5. Укажите классификацию картографических проекций по характеру искажений и дайте их краткую характеристику.
6. В чем заключается геометрическая сущность конических и цилиндрических проекций?
7. Назовите масштабный ряд топографических карт?
8. Каковы основные требования к содержанию топографических карт.
9. Дайте краткую характеристику планов городов, их назначение и содержание.
10. В чем заключается сущность проекции топографических карт?

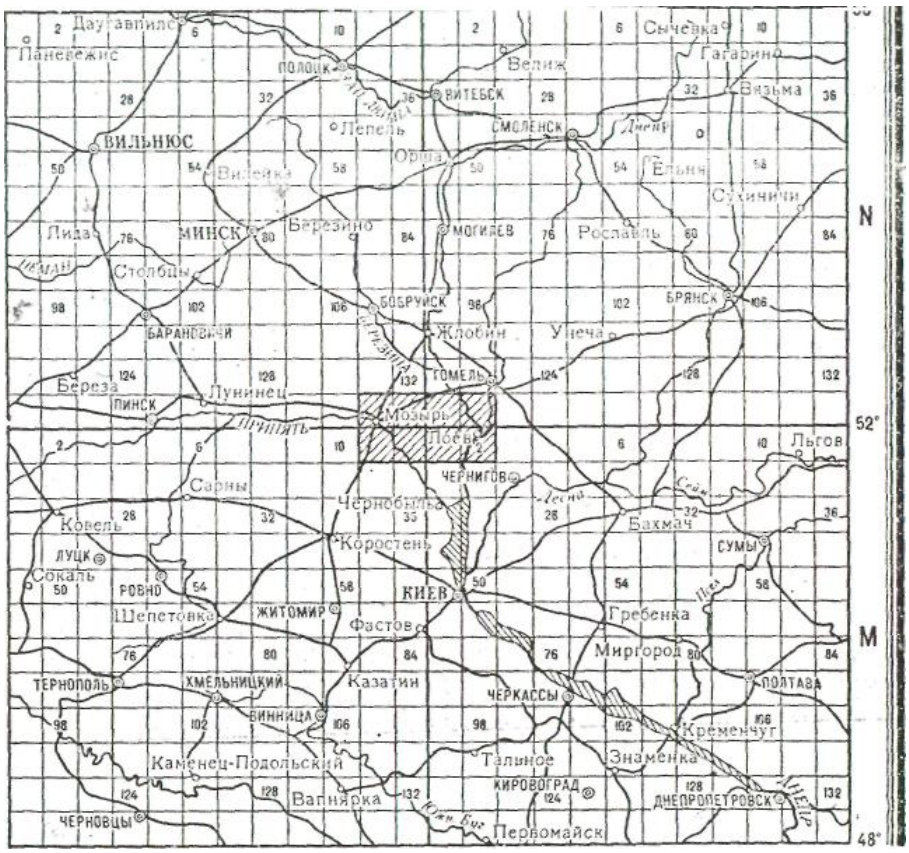


Рисунок 83 – Вырезка из сборной таблицы карты масштаба 1 : 100 000

11. Дайте краткую характеристику системы разграфки топографических карт.

12. Укажите порядок номенклатуры листов топографических карт?

13. Как обозначается номенклатура сдвоенных, строенных и счетверенных листов топографических карт?

14. Укажите порядок подбора и составления заявки на топографические карты для определенного района.

6.7 Рельеф местности и его изображение на картах

6.7.1 Формы рельефа

Местность очень редко представляет собой плоские участки земной поверхности, чаще она состоит из многих выпуклых или вогнутых неровностей, различных по форме и размерам. Эти неровности, и принято называть рельефом местности.

Формы рельефа могут, быть положительными или выпуклыми (горы, горные хребты, холмы и др.) и отрицательными или вогнутыми (впадины, котловины, речные долины и др.).

Каждая форма рельефа образуется поверхностями – склонами (скатами) различной длины, крутизны, высоты и ориентировки. Пересекаясь между собой под разными углами и в различных направлениях, склоны образуют

различные элементарные формы рельефа, которые можно свести к следующим пяти типовым формам:

Гора – участок земной поверхности, значительно поднятый над окружающей местностью (500 м и более над уровнем моря). Наиболее высокая часть горы называется горной вершинной. Она может быть пикообразной, платообразной и другой формы. Верхняя точка горной вершины называется вершиной, нижняя часть горы (основание) – подошвой, а склон от вершины к подошве – скатом.

Возвышенность обычно округлой или овальной формы с пологими склонами и иногда слабо выраженным подножием, относительной высотой до 200 м называется холмом или высотой. Искусственно созданные холмы называются курганами.

Возвышенность (гора, высота), господствующая над окружающей местностью, называется командной высотой.

Расстояние по вертикали от какой-либо точки, на поверхности Земли до среднего уровня поверхности моря (уровенной поверхности) называется абсолютной высотой.

Обширный по площади участок земной поверхности, являющийся сочетанием плоскогорий, горных хребтов и массивов, иногда чередующихся с широкими пологими котловинами, называется нагорьем. Возвышенная равнина с ровной или волнистой, слабо расчлененной поверхностью, ограниченная отчетливыми уступами от соседних равнинных пространств, называется плато. Обычно плато слабо расчленены, центральная их часть представляет собой плоскую, волнистую или холмистую равнину, а края имеют отдельные вершины, группы вершин. Иногда встречаются плато, поверхность которых изрезана глубокими расщелинами в центральных частях. Такие сильно расчлененные и высоко поднятые плато называются плоскогорьями.

Горный хребет – крупная, линейно вытянутая положительная форма рельефа с четко выраженными склонами, пересекающимися в верхней части.

Линия, разделяющая сток атмосферных вод по двум склонам, направленным в разные стороны, называется водоразделом.

Резко выраженная вершинная часть горного хребта называется хребтом. Он обычно имеет острую зубчатую форму, перевальными седловинами расчленен на отдельные вершины. В продольном, разрезе гребень горного хребта представляет собой волнообразную линию, его выступающие части соответствуют вершинам. Горный хребет в плановом начертании имеет извилистую форму с отходящими в стороны горными отрогами и их более мелкими ответвлениями.

Вытянутая возвышенность с пологими скатами, постепенно переходящими в равнину, и нерезко выраженной подошвой называется увалом. Небольшая вытянутая возвышенность с хорошо выраженной подошвой называется грядой. Котловина – понижение, как правило, чашеобразной формы. Она может быть замкнутой со всех сторон или открытой в одном либо двух направлениях. Нижняя часть ее называется дном. Иногда дно котловины бывает заболоченным или занятым озером. Небольшая котловина, имеющая не-

значительную глубину и плоское дно, носит название блюдца или за падюны. Котловина очень малых размеров называется ямой. Лощина – вытянутое углубление, понижающееся в одном направлении и имеющее пологие, обычно задернованные склоны. Скат лощины с четко выраженным верхним перегибом называется бровкой, а линия по дну, к которой направлены скаты и которая соединяет низшие точки, самые глубокие части дна – тальвегом. Лощины часто бывают заросшими кустарником или лесом. Дно их иногда заболочено.

Лощины, большие по своим размерам, имеющие обычно .пологие скаты и слабый уклон дна, называются долинами. По дну большей части долин протекают реки.

Глубокие крутосклонные размывы, образованные временными водотоками, называются оврагами. Они возникают на возвышенных равнинах, скатах холмов или лощин, сложенных рыхлыми, легко размываемыми породами. Их длина может достигать 5 – 10 км, ширина до 50 м, а глубина 30 м и более. Крутизна скатов оврагов зависит от состава грунтов и нередко достигает 45 – 50° и более. Под постоянным действием талой и дождевой воды они быстро увеличиваются. Со временем, после достижения водоупорного слоя, овраг перестает расти в глубину, скаты его становятся более пологими, зарастают травой и он превращается в балку. Балка – это сухая или с временным водотоком долина. Дно ее пологовогнутое, скаты выпуклые. Длина балки от сотен метров до 20 – 30 км, ширина по верху обычно 100 – 250 м, по дну 15 – 30 м, глубина колеблется от 20 до 50 м. Крутизна скатов балок достигает 10 – 25°. Скаты и дно, как правило, задернованы и часто покрыты древесной растительностью.

Большая балка с широким плоским дном и пологими склонами разновидность сухой долины, заполняемая эпизодически весной или в паводок водами, называется суходолом.

Небольшие размывы (первая стадия развития оврагов) с крутыми обнаженными стенками, и узким, иногда извилистым дном называются промоинами.

Горизонтальные или слабонаклонные площадки, различного происхождения на склонах гор, речных долин и на побережьях озер и морей, ограниченные уступами, называются террасами. Они бывают одиночными или располагаются в виде ступеней одна над другой. Наиболее распространены речные террасы, развитые на склонах большинства речных долин и являющиеся остатками от прежнего дна.

Глубокие речные долины с очень крутыми, нередко отвесными склонами и узким дном, обычно полностью занятым руслом реки, называются каньонами: Глубина их может достигать нескольких десятков, а иногда и сотен метров. Узкие и глубокие горные лощины с крутыми, местами отвесными, скалистыми склонами и узким извилистым дном называются ущельями. В отличие от каньона дно ущелья несколько шире и не полностью занято руслом реки.

Глубокие и узкие лощины в горах, с отвесными или местами нависшими скатами, сложенными целиком из коренной породы, называются теснинами. Ширина их незначительна, а дно полностью занято руслом реки, обычно имеющей большую скорость течения.

Седловина – понижение между вершинами горного хребта. Она почти всегда является местом начала двух лощин, расходящихся в противоположных направлениях.

Наиболее низкое и доступное место в гребне горного, хребта или массива называется перевалом. Как правило, перевал находится в седловинах, реже на наклонных частях гребней. Высота перевалов зависит от высоты горных хребтов.

Глубоко врезанные и низко расположенные седловины по обоим склонам одного хребта или между двумя горными хребтами называются горными проходами.

6.7.2 Характеристика скатов

Крутизна ската – это угол альфа образованный наклонной поверхностью ската и горизонтальной плоскостью. Она обычно измеряется в градусах и является основным показателем его доступности для техники. Превышение наивысшей точки ската над низшей называется высотой ската h (рисунок 84). Кратчайшее направление спуска по скату называется направлением ската, а длина ската по линии кратчайшего подъема – длиной ската. Проекция длины – ската на горизонтальную плоскость называется, заложением ската – d.

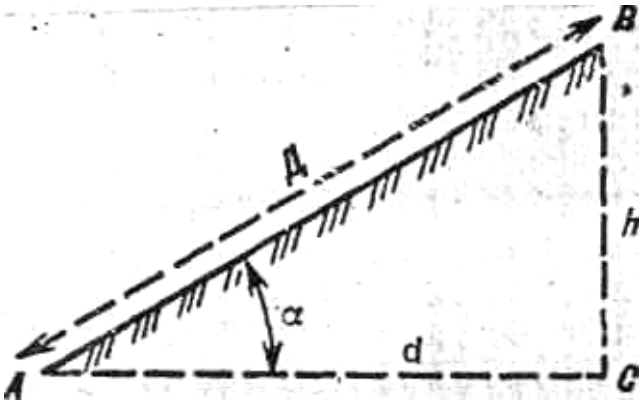


Рисунок 84 – Элементы ската: высота ската; d – заложение ската

Линия резкого изменения крутизны ската от крутого к пологому и наоборот называется перегибом ската.

Доступность ската во многом зависит не только от его крутизны, но и от протяженности, а также от свойств и состояния почвогрунтов. Классификация скатов по крутизне и ориентировочные данные, характеризующие их доступность, приведены в таблице 34.

От крутизны скатов зависит допустимая скорость движения.

Важное значение имеет форма скатов. По форме скаты могут быть ровные, вогнутые, выпуклые и волнистые (рисунок 85).

Ровный скат на всем протяжении от вершины до подошвы имеет одинаковую крутизну, хорошо просматривается.

Вогнутый скат круче к вершине и положе к подошве, хорошо просматривается с вершины возвышенности до подошвы.

Таблица 34 – Доступность скатов[1]

Скат	Крутизна	Доступность
Очень пологий	до 5	При сухом грунте легко преодолевается гусеничными и колёсными машинами
Пологий	5 – 10	Преодолевается гусеничными машинами, колёсными машинами преодолевается с трудом. Является предельным уклоном автомобильных дорог высшего класса.
Средней крутизны	10 – 20	Преодолевается с трудом гусеничными машинами. Колёсными машинами преодолевается с большим трудом только на малых скоростях.
Крутой	20 – 30	Гусеничными машинами преодолевается с большим трудом только на малых скоростях. Для колёсных машин практически недоступен.
Большой крутизны	Более 30	Практически, учитывая состояние грунтов является недоступным для всех видов колёсных и гусеничных машин.

Выпуклый скат положе к вершине и круче у подошвы. Нижняя часть его не предусматривается со стороны вершины, а верхняя со стороны подошвы.

Волнистый скат представляет собой сочетание скатов различной формы, его профиль имеет вид извилистой линии. Наличие на таком скате перегибов создает неблагоприятные условия для обзора местности.

Разновидностью волнистого ската является ступенчатый скат. Такие скаты характерны главным образом для горной местности, они отличаются большой крутизной отдельных участков и резкими перегибами, образующими уступы.

Перегиб ската с которого просматривается весь склон от вершины до подошвы.

Наиболее высокая часть вытянутой возвышенности совпадающая с линией водораздела называется топографическим гребнем. С него открывается хороший обзор местности.

[1] При влажности грунта 50% (в обычном состоянии грунты имеют влажность 20%) -преодолеваемые уклоны меньше в 2 раза.

6.7.3 Изображение рельефа на картах

Изображение рельефа на топографических картах дает полное и достаточно подробное представление о неровностях, земной поверхности, их форме и взаимном расположении, превышениях и абсолютных высотах точек местности, преобладающей крутизне и протяженности скатов (рисунок 85).

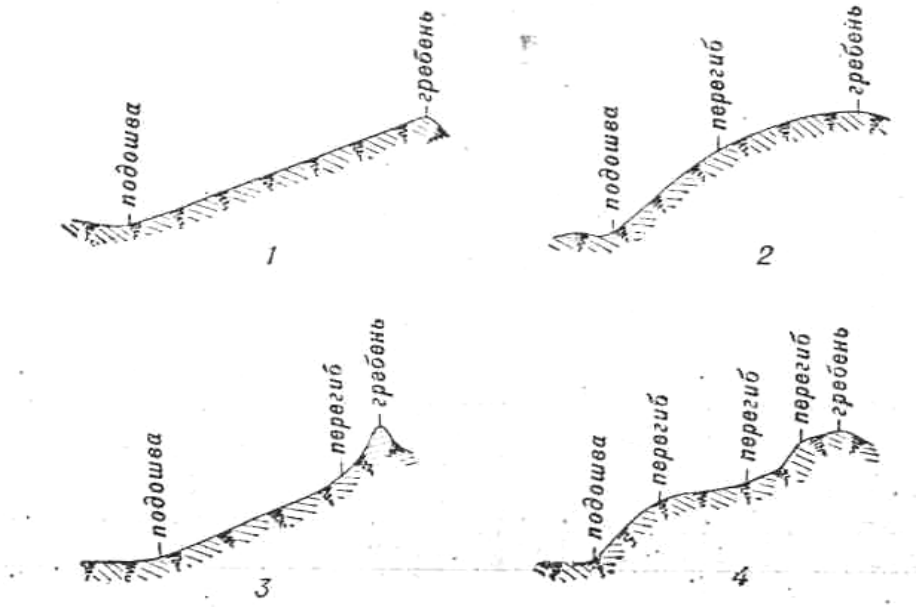


Рисунок 85 – Формы скатов: 1 – ровный; 2 –выпуклый; 3 – вогнутый; 4 – волнистый.

На современных топографических картах рельеф изображается горизонталями в сочетании с условными знаками обрывов, скал, оврагов, промоин, осыпей, оползней и т. д. Изображение рельефа дополняется подписями абсолютных высот характерных точек местности, горизонталей, размеров отдельных форм рельефа и указателями направления скатов. Сущность изображения рельефа горизонталями. Горизонталь – это замкнутая линия, изображающая на карте горизонтальный контур неровностей, все точки которого на местности расположены на одной высоте над уровнем моря. Горизонтали можно представить как линии, полученные в результате сечения местности уровенными поверхностями, то есть поверхностями, параллельными уровню воды в океанах.

Рассмотрим сущность изображения рельефа горизонталями. На рисунке 86 изображен остров с вершинами A и B и береговой линией D. E, F. Замкнутая кривая d e f представляет собой изображение береговой линии в плане. Поскольку береговая линия является сечением острова уровенной поверхности океана, изображение этой линии на карте представляет собой нулевую горизонталь, все точки которой имеют высоту, равную нулю.

Допустим, что уровень океана поднялся на высоту h, тогда образуется новое сечение острова воображаемой секущей плоскостью h – h. Проектируя это сечение с помощью отвесных линий, получим на карте изображение пер-

вой горизонтали, все точки которой имеют высоту h. Точно так же можно получить на; карте изображение и других сечений, выполненных на высотах 2/г, ЗА, 4k и т.; д. В результате на карте будет иметь место изображение рельефа острова горизонталями. При этом рельеф острова изображается тремя горизонталями, охватывающими остров целиком, и двумя горизонталями, охватывающими отдельно каждую из вершин. Вершина *А* несколько выше 4/z, а вершина В несколько выше 3/г относительно уровня океана. Скаты возвышенности А круче, чем скаты возвышенности В, поэтому в первом случае горизонтали на карте расположены ближе друг к другу, чем во втором.

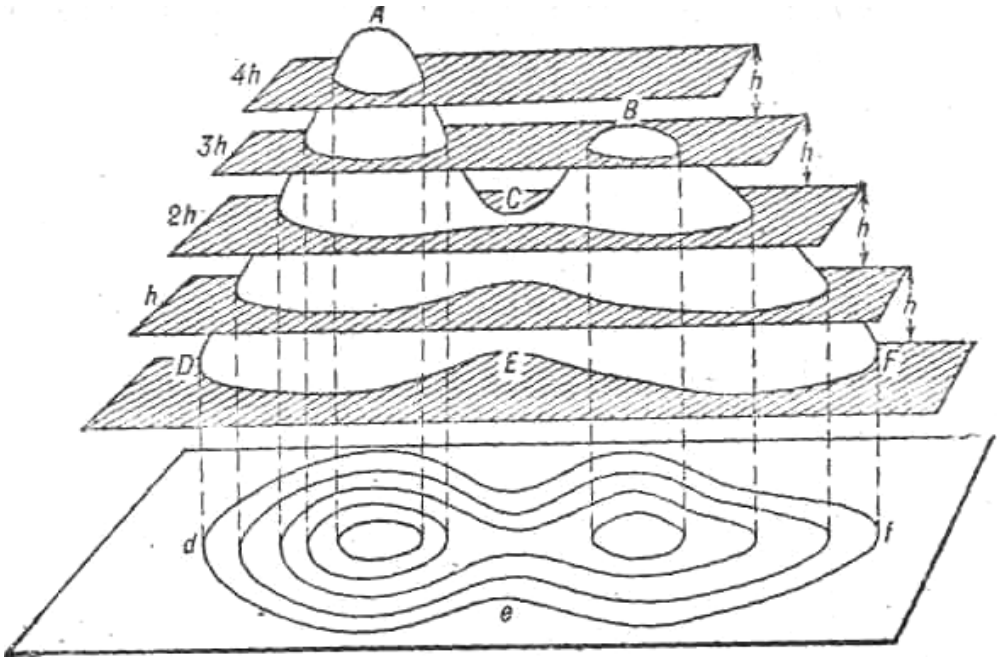


Рисунок 86 – Сущность изображения рельефа горизонталями.

Из рисунка видно, что способ изображения, рельефа, горизонталями позволяет правильно не только, отображать формы рельефа, но и определять высоты отдельных точек земной поверхности по высоте сечения рельефа и крутизне скатов.

Высота сечения рельефа – это разность высот двух смежных секущих поверхностей. На карте она выражается разностью высот двух смежных горизонталей. В пределах листа карты высота сечения рельефа, как правило, является постоянной.

На рисунке 87 показан вертикальный разрез (профиль) ската. Через точки М, N, О проведены уровенные поверхности на расстоянии друг от друга, равном высоте сечения h. Пересекая поверхность ската, они образуют кривые линии, ортогональные проекции которых в виде трех горизонталей показаны в нижней части рисунка.

Расстояния *mn* и *no* между горизонталями являются проекциями отрезков *MN* и *N0* ската. Эти проекции называются заложениями горизонталей. Из рисунка видно, что заложение всегда короче наклонного отрезка ската. На карте заложение можно определить как расстояние между двумя смежными

по скату горизонталями. При данной высоте сечения чем больше горизонталей на скате, тем он выше, чем ближе горизонтали одна к другой, тем скат круче. Следовательно, по числу горизонталей можно определять превышение одних точек местности над другими, а по расстоянию между горизонталями, то есть по величине заложения, судить о крутизне ската.

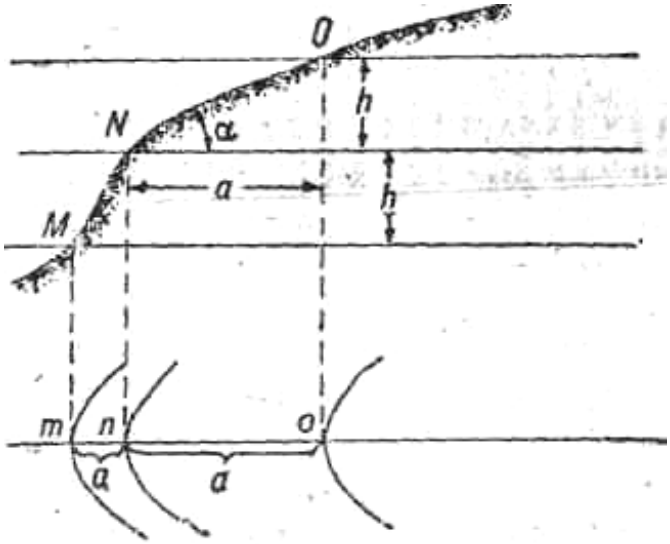


Рисунок 87 – Профиль ската: h – высота сечения рельефа, a – заложение горизонталей, α – крутизна ската.

Величина заложения (при определенной высоте сечения рельефа) зависит от крутизны ската и от направления по отношению к горизонталям. На рисунке 88 в перспективе показан участок ската между горизонталями AA_1 и BB_1.

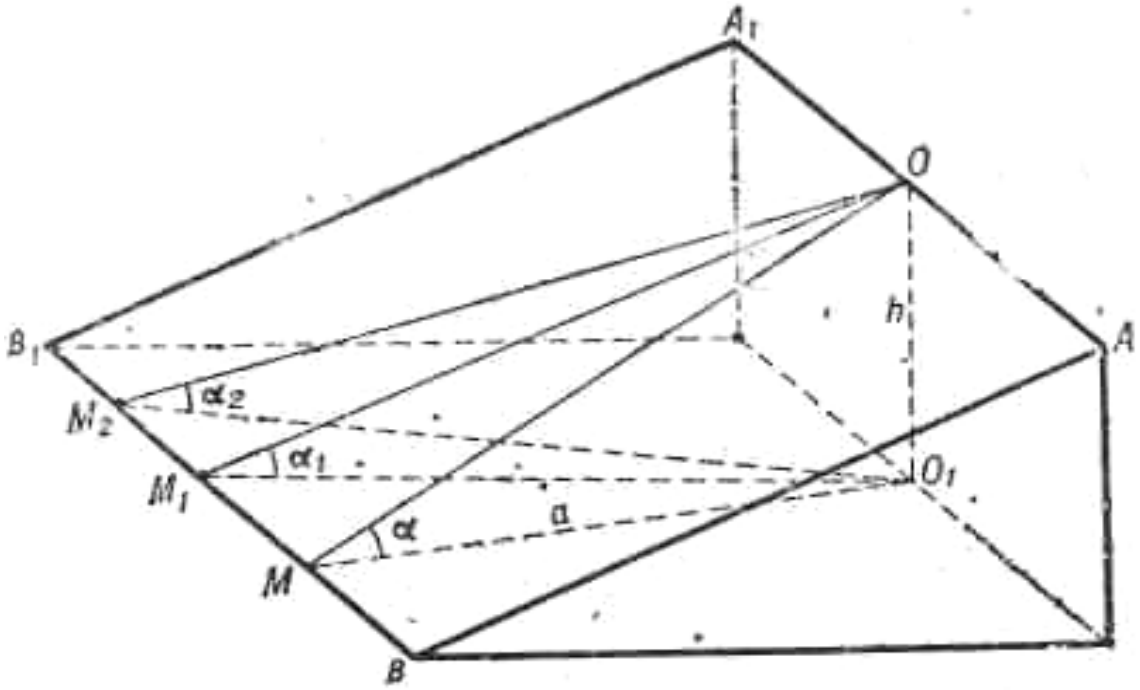


Рисунок 88 – Изменение заложения.

Из любой точки на скате, например из точки О, можно провести по скату ряд линий в разных направлениях По скату проведены прямые линии *ОМ, OM_1* и *OM_2* их ортогональные проекции *O_1M, O_1M_1, O_1M_3* являются заложениями. Из рисунка видно, что при одинаковой высоте сечения рельефа в зависимости от изменения крутизны ската меняется и величина заложения.

Линии *ОМ, OM_1* и *OM_2* наклонены под разными углами (α,α_1,α_2) к горизонтальной плоскости. Угол наклона линии *OA_1* равен нулю, так как она является горизонталью. Наибольший угол наклона будет в том случае, когда направление перпендикулярно горизонтали (на рисунке *ОМ* перпендикулярно *АА1).* Это направление соответствует наибольшей крутизне ската и называется направлением ската.

Угол, составленный направлением ската с горизонтальной плоскостью в данной точке, называется крутизной ската.

Детальность изображения рельефа горизонталями зависит от высоты сечения рельефа. Для данного масштаба карты, которая связана с заложением, и крутизной ската формулой $h=\mathrm{arctg}\alpha$ (рисунок 87). Из формулы, видно, чем подробнее требуется изобразить рельеф горизонталями, тем меньшую надо брать высоту сечения и тем меньшими будут заложения при постоянной крутизне скатов. Однако излишне малая высота сечения ведет к чрезмерной детализации изображения рельефа, в результате чего изображение теряет наглядность. На наших топографических картах за основную принята высота сечения, обеспечивающая раздельное изображение горизонталями скатов крутизной 45°.

Установленная для каждого масштаба карты высота сечения рельефа обеспечивает наглядность изображения рельефа и сравнимость крутизны скатов, что важно при оценке проходимости и защитных свойств местности.

Для того чтобы не забивать карту слишком большой густотой горизонталей, высота сечения рельефа для карт горных районов иногда увеличивается. Для карт равнинной местности с целью более детального изображения подробностей рельефа высота сечения уменьшается. Высота сечения изменяется также в зависимости от масштаба карты. Чем мельче масштаб карты, тем больше высота сечения, и наоборот.

Высота сечения рельефа для топографических карт различных масштабов в зависимости от характера местности дана в таблице. 35.

Таблица 35 – Зависимость сечения рельефа от масштаба и характера местности

Местность	Высота сечения рельефа для карты масштаба				
	1:25 000	1:50 000	1:100 000	1:200 000	1:500 000
Плоскоравнинная	2,5	10	20	20	50
Плоскоравнинная залесенная	5	10	20	20	50

Продолжение таблицы 35

Местность	Высота сечения рельефа для карты масштаба				
	1:25 000	1:50 000	1:100 000	1:200 000	1:500 000
Равнинная пересечённая, всхолменная с преобладающими углами наклона до 6°, песчаная пустыня	5	10	20	20	50
Предгорная и горная	5	10	20	40	100
Высокогорная	10	20	40	40	100

Из таблицы видно, чем крупнее масштаб карты, тем меньше высота сечения рельефа, следовательно, более подробно изображается рельеф.

Основная высота сечения рельефа для карты масштаба 1 : 1 000 000 устанавливается в соответствии с высотными поясами по следующей шкале: от 100 м ниже уровня моря до 400 м над уровнем моря – 50 м, от 400 м до 1000 м – 100 м, выше 1000 м – 200 м.

Горизонтали на карте, соответствующие установленной для нее высоте сечения, называются основными горизонталями.

На картах они вычерчиваются коричневыми сплошными тонкими или утолщенными линиями. Основные горизонтали, вычерчиваемые утолщенными линиями, называются утолщенными горизонталями. Они служат для облегчения счета горизонталей при определении высот точек местности. На всех картах утолщаются нулевая и каждая пятая основные горизонтали, а на карте масштаба 1 : 25 000, создаваемой на районы с высотой сечения рельефа 2,5 м, утолщается каждая десятая основная горизонталь.

Выразить основными горизонталями все формы и, детали рельефа не всегда возможно. Для отображения характерных форм и деталей рельефа (перегибов скатов, вершин, седловин и т. п.), а также для, изображения рельефа равнинных участков, когда заложения между, основными горизонталями очень велики (более 3 – 4 см на карте), используют дополнительные сечения *(АВ* и *СД* на рисунке 89) посредине между основными сечениями.

Соответствующие этим сечениям горизонтали называются дополнительными или полугоризонталями. Они изображаются в виде прерывистых линий только в тех местах, где им необходимо выразить какие-либо, формы и детали рельефа, не выражающиеся основными горизонталями. При изображении дополнительными горизонталями вершин и седловин обязательно показывают ответные дополнительные горизонтали на противоположных склонах. Для изображения отдельных деталей рельефа (блюдец в степных районах, западин, отдельных небольших высот и бугров на плоскоравнинной местности), которые не передаются основными или дополнительными горизонталями, применяются вспомогательные горизонтали; Они проводятся на

произвольной высоте таким образом, чтобы лучше передать данную форму рельефа. Вычерчивают вспомогательные горизонтали, как и дополнительные прерывистыми линиями, но с более короткими звеньями. Ответные вспомогательные горизонтали на противоположных склонах не проводят.

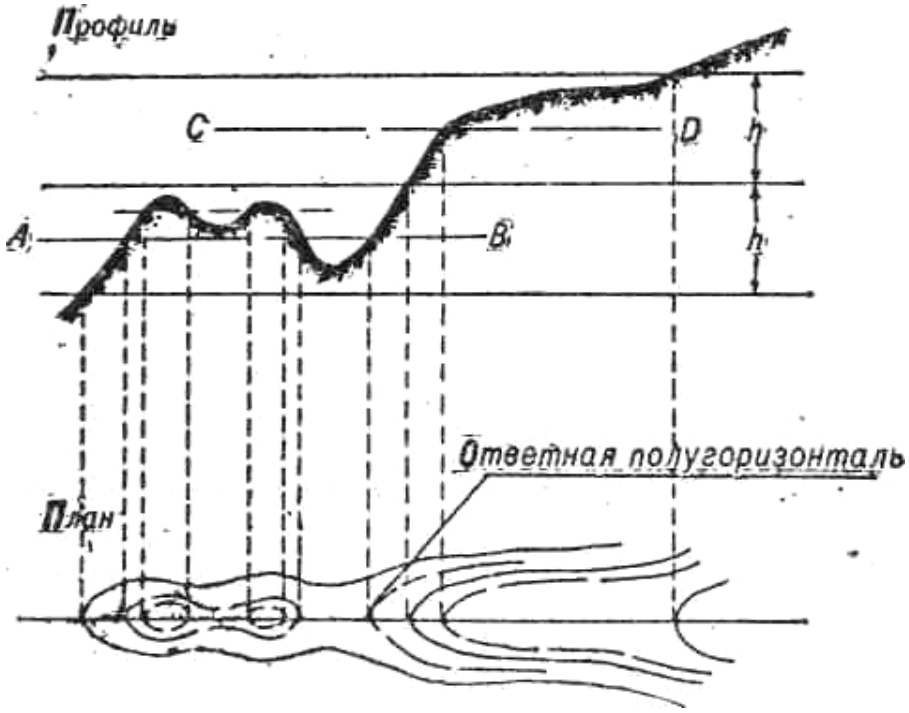


Рисунок 89 – Изображение рельефа дополнительными и вспомогательными горизонталями

Горизонтали проводят через обозначения всех объектов без разрыва, за исключением обозначений дорог, рек и каналов, изображаемых в две линии, промоин и оврагов шириной менее 9-3 мм в масштабе карты, выемок, ям и карьеров, а также внемасштабных условных знаков. Изображение основных форм рельефа. При изображении основных форм рельефа особое внимание обращают на правильную передачу крутизны и формы профиля склонов. Крутизна и форма профиля передаются на карте изменением величины заложения между горизонталями. В тех случаях, когда при изображении крутых склонов промежутки между горизонталями на карте будут менее 0,1 мм, допускается слияние горизонталей или между утолщенными горизонталями проводят не все промежуточные горизонтали.

При изображении выпуклых форм рельефа горизонтали своими выпуклостями всегда обращены в сторону понижения ската. На горизонталях, показывающих вершины всегда помещаются указатели скатов (бергштрихи).

Горизонтали, изображающие вогнутые формы рельефа, своими выпуклостями всегда направлены в сторону повышения ската. На горизонтали, показывающей дно котловины, помещаются бергштрихи.

Линии водоразделов, водосливов (тальвегов) проходят вдоль вытянутых частей горизонталей, пересекая их перпендикулярно в наиболее выпуклых местах.

На рисунке 90 показано изображение типовых форм рельефа.

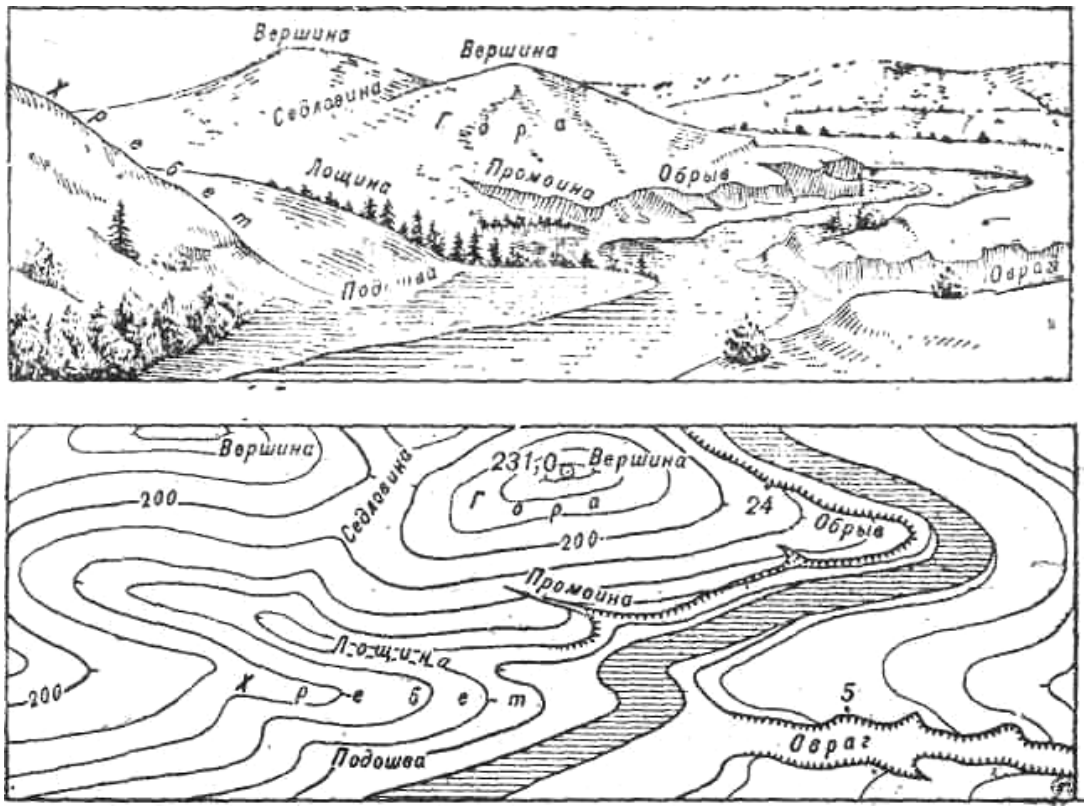


Рисунок 90 – Изображение горизонталями типовых форм рельефа

Горизонтали, изображающие седловину, подходят к ней своими выпуклостями с четырех сторон: с двух сторон они обозначают скаты, возвышающиеся над седловиной (на них помещают бергштрихи), а с двух, других сторон начала двух лощин, расходящихся от седловины в противоположных направлениях. Горизонтали позволяют передавать не только крутизну скатов, но и их форму (рисунок 91).

Ровный скат изображается горизонталями, расположенными на равных, расстояниях одна от другой, то есть заложение между горизонталями одинаково. При изображении вогнутого ската расстояние между горизонталями уменьшается к вершине. При изображении выпуклого ската горизонтали учащаются к подошве. Горизонтали, изображающие волнистый скат, учащаются и разреживаются в нескольких местах в зависимости от количества перегибов ската.

При изображении, горного рельефа точно передаются направления и характер гребней хребтов, степень их изрезанности и профиль скатов, форма вершин, уступов (террас), форма и строение (профиль) продольных и поперечных долин, распространение скал, ледников и фирновых полей.

Горизонтали, показывающие вершины на гребнях, хребтов, проводятся и в тех случаях, когда они образуют незначительные по размерам фигуры.

При изображении высокогорного (альпийского) рельефа на картах подробно и точно передаются характерные для него острые скалистые гребни с пикообразными вершинами, цирками и карами, узкие долины и резкие перегибы скатов.

При изображении мелкосопочника на карте отображается интенсивность его расчленения, относительная густота и характер расположения отдельных сопок, их групп, гряд и понижений между ними, наличие многочисленных отдельных западин.

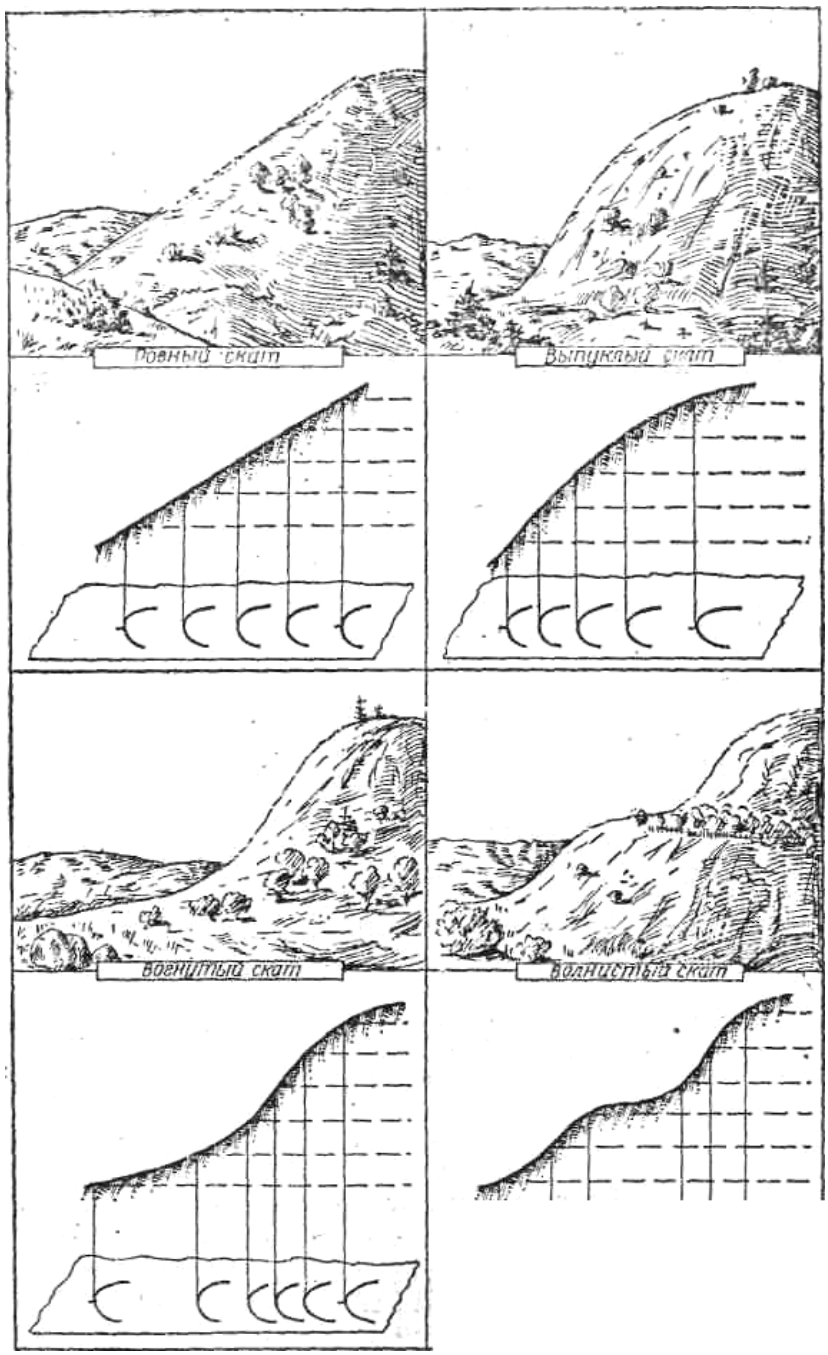


Рисунок 91 – Изображение горизонталями различных форм скатов

Продольный профиль долин отображается правильной передачей изменения величины заложения между горизонталями по тальвегу.

При изображении долин на карте точно отображается особенность строения их поперечного и продольного профилей. Узкие долины передаются на картах острым замыканием горизонталей по тальвегу, а четко выраженные бровки их резким поворотом горизонталей. Широкие долины, характерные для равнинной местности, обычно имеющие плоское дно и резко выраженную подошву и бровки, отображаются на картах резким перегибом горизонталей на бровках и подошве склона и прямолинейным замыканием горизонталей по тальвегу.

Долины, отличающиеся крутыми вогнутыми склонами и широким корытообразным дном (так называемые троговые долины), передаются на картах сближенными, параллельно идущими горизонталями на склонах и плавным, округлым замыканием по тальвегу.

6.7.4 Изображение форм рельефа, не выражающихся на карте горизонталями

Существует много таких форм рельефа, которые невозможно изобразить горизонталями. Для изображения их на карте применяются картографические условные знаки. Условными знаками изображаются перевалы, скалы-останцы, сухие русла рек, камни, ямы, курганы, карстовые воронки, кратеры вулканов, дайки, обрывы, овраги, промоины, уступы и т.п.

Цифры, сопровождающие условные знаки этих объектов, указывают их относительные высоты (глубины) в метрах.

Условные знаки естественных образований рельефа и относящиеся к ним подписи характеристик, так же как и горизонтали, изображаются на карте коричневой краской, а искусственных (насыпей, выемок, курганов и т. п.) – черной.

Отметки высот. Для дополнительной характеристики рельефа на картах подписывают с точностью до 0,1 м отметки высот характерных точек местности: вершин гор и холмов, высших точек водоразделов, перевалов, седловин, наиболее низких точек дна, долин и оврагов, а также точек, являющихся ориентирами (перекрестков дорог и просек, резких изгибов контуров растительного покрова и т.п.)

Общее количество отметок высот на листе карты зависит от характера местности. Количество отметок высот на 1 дм^2 площади карты, включая отметки высот геодезических пунктов и урезов воды рек и озер, для топографических карт различных масштабов приведено в таблице 36.

Для отдельных плоскоравнинных районов количество отметок высот может быть увеличено на 50 %.

Отметки наибольших высот выделяются более крупным шрифтом. Такие отметки (в количестве 3 – 4) выбираются на каждый лист карты.

На картах плоскоравнинной залесенной местности, где ярко выраженных высот нет, более крупным шрифтом на листе карты выделяется одна от-

метка с наибольшим значением высоты. На картах пустынных, полупустынных и малообжитых районов у отметок наибольших высот подписывают максимальную дальность видимости с этих высот, например: «Видимость до 10 км».

Таблица 36 – Зависимость отметок высот от характера местности и масштаба карты

Местность	Количество отметок для карт масштабов			
	1 -. 25 000 1 ; 100000	1 : 200 000	1 : 500 000	1 : 1 000 000
Плоскоравнинная и равнинная.	8-10	8-10	8-10	До 10
Горная и высокогорная	10-15	10-15	15-20	15—20

Кроме отметок высот на карте помещают подписи горизонталей в таком количестве и таком сочетании с отметками высот точек, чтобы можно было легко и, быстро определить высоту той или иной точки на любом участке листа карты. В среднем на 1 дм^2 карты помещают; 2 – 5 подписей горизонталей.

6.7.5 Особенности изображения рельефа на топографических картах масштабов 1: 500 000 и 1 : 1 000 000

Рельеф на картах масштабов 1 : 500 000 и 1 : 1000 000 изображают горизонталями и специальными штриховыми условными знаками. Изображение рельефа дополняется подписями отметок высот и горизонталей.

Рельеф равнинных и холмистых районов, как и на картах более крупных масштабов, изображают горизонталями и условными знаками, но более обобщенно. Отображается лишь общий характер рельефа – его структура, основные формы, вертикальная и горизонтальная расчлененность.

Детали рельефа, не выражающиеся горизонталями, показывают в основном те, которые являются ориентирами или характеризуют особенности; данной местности. Условные знаки при этом применяются те же, что и для карт более крупных.

Рельеф горных и высокогорных районов для лучшей наглядности изображают горизонталями с добавлением отмывки и послойной раскраски по ступеням высот. Гипсометрическая раскраска по ступеням высот наглядно отображает высотную характеристику горного рельефа и усиливает пластический эффект его изображения. Выполняется она оранжевой краской различного тона (чем выше рельеф, тем темнее краска). В зависимости от характера рельефа применяются следующие шкалы гипсометрической раскраски:

– высокогорные районы: 2 000 – 3 000 – 4 000 м и выше;

– переходные районы от высокогорных к среднегорным: 1400 – 2 000 – 3 000 м и выше;

– среднегорные районы: 1 000 – 1 400 – 2 000 м и выше;

– низкогорные- районы: 600 – 1 000 – 1 400 м и выше.

В необходимых случаях для повышения наглядности отображения высокогорного рельефа шкала гипсометрической раскраски может быть несколько изменена. В пределах изображения одной горной Системы (Кавказ, Карпаты и т. д.) применяется единая шкала гипсометрической раскраски. При изображении ледников и вечных снегов гипсометрическая раскраска не дается.

Отмывка рельефа (оттенение склонов) применяется для повышения наглядности, читаемости и придания объемности важнейшим формам горного рельефа. Она делается серо-коричневой краской (чем круче склон, тем сильнее тон отмывки). Отмывка среднегорного рельефа, как правило, производится при его абсолютных, высотах более 500 м и при относительных превышениях водоразделов над долинами не менее. 300 м. В высокогорных районах отмывка рельефа производится; при относительных превышениях 500 м и более. Отмывка рельефа подчеркивает основные горные хребты, направление и крутизну склонов главных, хребтов и их отрогов, важнейшие вершины и перевалы. Отмывка изображения гребня хребта всегда более интенсивна, чем изображения его склонов. Пологие поднятия на возвышенностях, а также скаты, постепенно переходящие в низменность, не отмываются. Для равнинных районов, где нет выдающихся возвышенностей, отмывку не применяют.

6.7.6 Изучение рельефа по карте

В необходимых случаях для повышения наглядности отображения высокогорного рельефа шкала гипсометрической раскраски может быть несколько изменена. В пределах изображения одной горной Системы (Кавказ, Карпаты и т. д.) применяется единая шкала гипсометрической раскраски. При изображении ледников и вечных снегов гипсометрическая раскраска не дается.

Отмывка рельефа (оттенение склонов) применяется для повышения наглядности, читаемости и придания объемности важнейшим формам горного рельефа. Она делается серо-коричневой краской (чем круче склон, тем сильнее тон отмывки). Отмывка среднегорного рельефа, как правило,, производится при его абсолютных, высотах более 500 м и при относительных превышениях водоразделов над долинами не менее. 300 м. В высокогорных районах отмывка рельефа производится; при относительных превышениях 500 м и более. Отмывка рельефа подчеркивает основные горные хребты, направление и крутизну склонов главных, хребтов и их отрогов, важнейшие вершины и перевалы. Отмывка изображения гребня хребта всегда более интенсивна, чем изображения его склонов. Пологие поднятия на возвышенностях, а также скаты, постепенно переходящие в низменность, не отмываются. Для равнинных районов, где нет выдающихся возвышенностей, отмывку не применяют.

6.7.7 Изучение рельефа по карте

Общие правила изучения рельефа. Рельеф местности изучают, как правило, одновременно с общим изучением местности в такой последовательности:

1. Изучение общего характера рельефа данного участка местности; (равнинный, холмистый, горный рельеф, степень его расчлененности оврагами, балками, лощинами и т. д.). Путем обзора на карте начертания густоты горизонталей.

Горизонтали на карте равнинной местности имеют сравнительно прямолинейное, несколько извилистое начертание. Величина заложений составляет 1 см и больше. На картах равнинной местности много дополнительных и второстепенных горизонталей, отображающих все детали рельефа, не попадающие в основные сечения.

Горизонтали холмистой местности располагаются ближе друг к другу и имеют округлую форму, образуя замкнутые фигуры небольших размеров.

Горизонтали горной местности и на карте проходят близко одна от другой, заложения между ними на скатах гор не превосходят 1 – 2 мм. На картах такой местности много условных знаков элементов рельефа, не выражающихся горизонталями.

2. Определение взаимосвязи характера рельефа с расположением объектов гидрографии (рек, ручьев, озер, болот и т. п.) с целью установления закономерности расположения неровностей земной поверхности, направления водоразделов, характера и протяженности естественных рубежей. Установление таких взаимосвязей проверяют и уточняют по отметкам высот точек, горизонталей, урезов воды в реках и озерах, а также по указателям направления скатов. В итоге получают общую картину взаимного расположения основных водоразделов и долин, а также определяют наиболее важные из них, которые могут оказать существенное влияние на выполнение инженерных работ.

3. Подробное изучение и оценка размеров отдельных форм и деталей рельефа. Изучение рельефа при этом заключается, прежде всего в определении высот точек, превышений между ними, направления и крутизны скатов.

Абсолютную высоту какой-либо точки местности, отметка которой на карте не подписана, определяют по отметке ближайшей к ней горизонтали. Поэтому не обходимо уметь определять отметки горизонталей, используя отметки других горизонталей и характерных точек местности, подписанных на карте.

Например, отметку горизонтали *а* (рисунок 92), можно определить по отметке высоты 197,4 и высоте сечения рельефа 10 м. Отметка горизонтали *а* равна 190 м. Зная отметку горизонтали *а.* можно легко определить отметки всех других горизонталей.

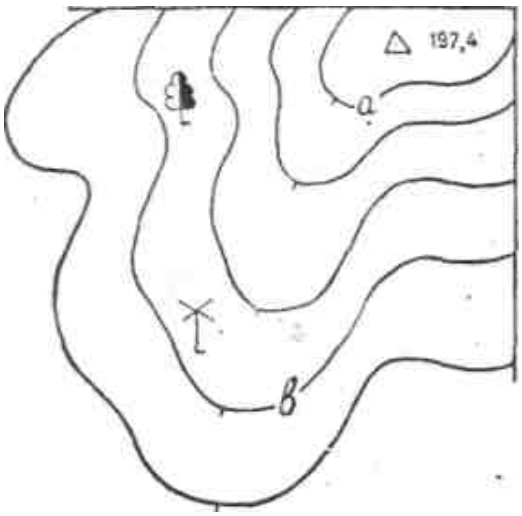


Рисунок 92 – Определение отметки горизонтали по отметки точки

Так, горизонталь *b* будет иметь отметку 160 м, так как она расположена ниже горизонтали а на величину, равную трем высотам сечения рельефа (30 м).

В случае, когда точка расположена между горизонталями, находят высоту ближайшей к ней горизонтали и к полученной высоте прибавляют превышение данной точки над горизонталью, определенное на глаз. Например, мельница, обозначение которой находится между горизонталями (рисунок 92) имеет абсолютною высоту 162 м.

Определение взаимного превышения точек заключается в установлении величины, указывающей, насколько одна точка выше или ниже другой. При расположении точек на одной горизонтали их взаимное превышение равно нулю, так как их высоты одинаковы. Если определяемые точки совпадают с точками, высоты которых подписаны на карте, их взаимное превышение равно разности этих высот.

В случае, когда точки расположены на одном скате или на разных скатах близко друг к другу, подсчитывают число промежутков между горизонталями и к целому числу добавляют их доли, которые оценивают на глаз. Полученное число умножают на высоту сечения рельефа и таким образом получают взаимное превышение указанных точек.

Когда точки расположены на значительном расстоянии друг от друга, определяют их абсолютные высоты. Разность этих высот и будет взаимным превышением точек.

Определение направления и крутизны скатов. Направление ската – это направление его наибольшей крутизны. На карте оно всегда перпендикулярно горизонтали. Для определения направления ската в любой точке *b* или *c* (рисунок 94) надо провести через нее прямую или кривую в зависимости от формы горизонтали линию, пересекающую соседние горизонтали под прямым углом. Эта линия и будет направлением ската.

Крутизна ската определяется на карте по величине заложения между горизонталями. Чем меньше заложение, тем круче скат, и наоборот, чем больше заложение, тем он более пологий.

Ранее было отмечено, что между заложением, высотой сечения и крутизной ската существует зависимость $a=h/tg\alpha$, откуда $tg\alpha=h/a$. Пользуясь этой формулой, можно определить крутизну ската более точно.

Для приближенного определения по карте крутизны скатов, превышающей 20 – 25°, можно пользоваться формулой

$$ga = a/p,$$

где $p = 57{,}3°$.

Так как $tg\alpha= A/a$, то $A/a = a/a$, откуда $a= pA/a$.

Практически крутизну ската определяют по масштабу заложений (рисунок 94), который помещен под южной стороной рамки топографической карты. Масштаб заложений – это график, рассчитанный по формуле $a=hctg\alpha$. Он строится в следующем порядке. На горизонтальной прямой берут произвольные отрезки, подписывают их в порядке возрастания числами, соответствующими углам наклона в градусах, а на перпендикулярах к горизонтальной прямой откладывают в масштабе карты величины заложений, определенные по приведенной выше формуле.

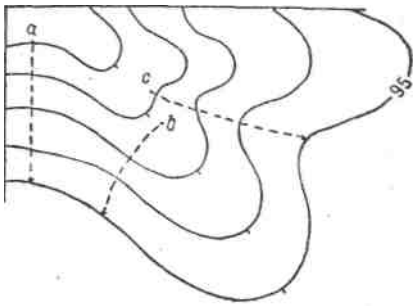


Рисунок 93 – Определение направления со ската по горизонталям

Точки, полученные на перпендикулярах, соединяют плавной, кривой. Такой график часто называют шкалой заложений. На карте по заложению между горизонталями устанавливают раствор циркуля и затем на масштабе заложений отыскивают такое место, где этот раствор циркуля будет равен расстоянию между горизонтальной прямой и кривой.

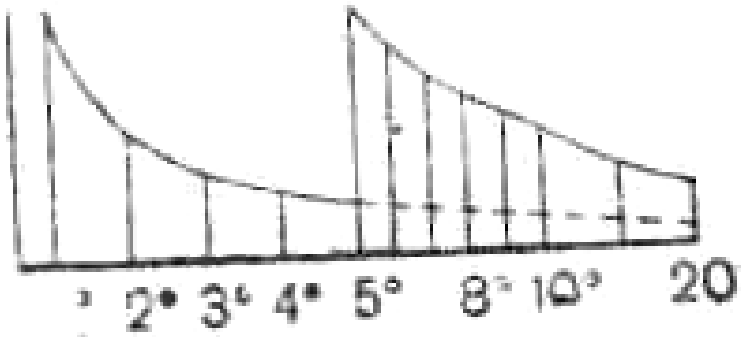


Рисунок 94 – Масштаб заложений на карте масштаба 1-.50 000

На горизонтальной прямой отсчитывают величину угла наклона. Масштаб заложений на карте дается обычно для двух высот сечений: один для заложений между основными, другой для заложений между утолщенными горизонталями. Это особенно важно в тех случаях, когда горизонтали

располагаются близко друг к другу и измерить расстояние между ними затруднительно. На карте горизонтали не показывают выпуклую форму рельефа (гору, хребет) или вогнутую (котловина, лощина), а также направление понижения ската. Для того чтобы можно было читать формы рельефа и четко видеть, в какую сторону понижается скат, на горизонталях ставят короткие черточки – указатели направления скатов или бергштрихи. Они всегда направлены в сторону понижения ската. Указатели направления скатов помещаются обычно, на изгибах горизонталей в наиболее характерных местах, преимущественно у вершин, седловин или на дне котловин, а также на скатах – в местах, наиболее затруднительных для чтения.

Направление ската помогают определить также подписи горизонталей и высот характерных точек рельефа, (верх цифр всегда направлен, в сторону повышения ската); Расположение рек, ручьев, озер и других элементов гидрографии, занимающих наиболее низкие места в пределах определенного участка, также указывает направление ската. На всех листах карт с нормальной высотой сечения заложению в 1 см соответствует одна и та же крутизна ската, равная 1,2°. Отсюда общее правило: определяемая крутизна ската во столько раз больше (меньше) 1,2°, во сколько раз заложение между смежными основными горизонталями меньше (больше) 1см.

Определение подъемов и спусков во время передвижения по незнакомой местности часто приходится, ориентируясь по рельефу карты, проверять свое местоположение, наблюдая за чередованием встречающихся на пути подъемов и спусков. При этом требуется определять по горизонталям карты границы подъемов и спусков и отождествлять с ними соответствующие им точки на местности. Эти границы, как правило, совпадают с характерными точками и линиями рельефа (вершинами, седловинами, водоразделами, водосливами), к нахождению которых, по существу, и сводится данная задача.

Для примера проследим характер рельефа по дороге от отдельного дерева (рисунок 95,*а*), до моста. От дерева начинается подъем, который продолжается до водораздела хребта 2.

Далее идет спуск в лощину до водослива 3, затем опять подъем до водораздела 4. Отсюда начинается спуск к седловине 5, далее подъем на вершину 6 и опять спуск до поворота 7. Между точками 7 и 8 маршрут идет параллельно горизонтали, поэтому на данном участке не будет ни подъемов, ни спусков. Далее от точки 8 продолжается спуск к мосту.

На рисунке 95,*б* изображен, волнообразный, скат неровности, по которому проходит дорога. Для определения подъемов и спусков на этой дороге надо установить, по каким формам рельефа она проходит. Указатель оката в данном случае показывает нам общее направление ската. Это же направление ската показывает положение ручья. От ручья вправо идет повышение, при движении по дороге от моста к дереву на участках 1 – 2, 3 – 4, 5 – 6, 7 – 8 будут подъемы, а на остальных участках – спуски.

На рисунке 95,*в* показан случай, когда дорога проходит на карте между двумя смежными горизонталями, не пересекая их. В этом случае при движении справа налево на участках 1 – 2, 3 – 4, 5 – 6 и 7 – 8 будут спуски, а на

остальных участках – подъемы. И только при движении по направлению горизонтали, например на участке 8 – 9, не будет ни подъемов, ни спусков.

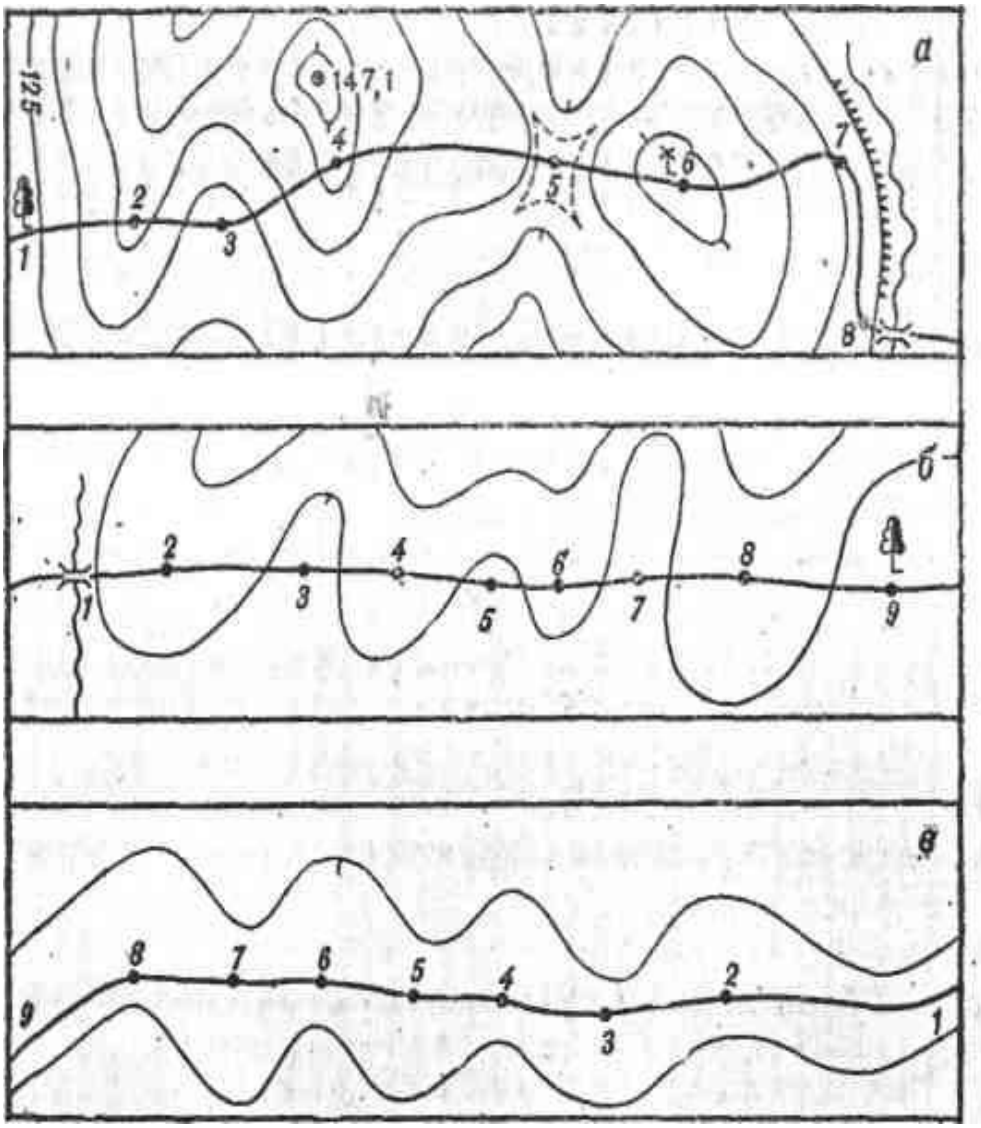


Рисунок 95 - Определение границ подъемов и спусков: *а* – при движении по дороге; *б* – при движении по дороге, пересекающей одну и ту же горизонталь; *в* – при движении по дороге, проходящей между двумя смежными горизонталями

Изучение форм рельефа, не выражающихся горизонталями. Отдельные формы и детали рельефа, не выражающиеся горизонталями, но имеющие важное для войск значение, изображаются условными знаками. Естественные формы рельефа показывают на карте условными знаками коричневого цвета, а искусственные – черного цвета.

Овраги и промоины шириной до 5 м изображают на картах масштабов 1 : 25 000 и 1 : 50 000 в одну линию. Овраги, имеющие ширину более 1 мм в масштабе карты, показывают в две линии с зубчиками. Дно оврагов, имеющих ширину 3 мм и более в масштабе карты, изображают горизонталями.

Около изображений оврагов и промоин шириной 1 мм и менее подписывают их ширину (по верху) и глубину в метрах. При ширине оврагов более 1 мм подписывают только их глубину (высоту обрыва).

На картах специальным условным знаком показывают задернованные уступы (бровки). Обрывы показывают при длине их не менее 3 мм в масштабе карты. При обозначениях обрывов подписывают их относительные высоты в метрах.

Осыпи на картах изображают с делением их на песчаные, глинистые, каменисто-щебеночные и галечниковые.

Овраги и промоины шириной до 5 м изображают на картах масштабов 1 : 25 000 и 1 : 50 000 в одну линию. Овраги, имеющие ширину более 1 мм в масштабе карты, показывают в две линии с зубчиками. Дно оврагов, имеющих ширину 3 мм и более в масштабе карты, изображают горизонталями. Около изображений оврагов и промоин шириной 1 мм и менее подписывают их ширину (по верху) и глубину в метрах. При ширине оврагов более 1 мм подписывают только их глубину (высоту обрыва).

На картах специальным условным знаком показывают задернованные уступы (бровки). Обрывы показывают при длине их не менее 3 мм в масштабе карты. При обозначениях обрывов подписывают их относительные высоты в метрах.

Осыпи на картах изображают с делением их на песчаные, глинистые, каменисто-щебеночные и галечниковые.

На картах показывают отдельные скалы-останцы, дайки (узкие крутостенные гряды из твердых горных пород), курганы и бугры, валы и ямы. Их обозначения сопровождаются подписями относительных высот или глубин в метрах.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Дайте краткую характеристику типовых форм рельефа.
2. Что называется крутизной ската?
3. Назовите классификацию скатов по крутизне и укажите данные характеризующие их доступность.
4. Дайте краткую характеристику ровных, вогнутых, выпуклых и волнистых скатов.
5. Что называется топографическим гребнем**.**
6. Что представляет собой в геометрическом отношении горизонталь? В чем заключается сущность изображения рельефа горизонталями
7. Что называется заложением горизонталей?
8. Что называется высотой сечения на картах? Какова нормальная высота сечения на наших топографических картах? Каким численным соотношением; она связана с величиной масштаба карты?
9. Каково значение высоты сечения рельефа для детального изображения подробностей рельефа?

10. Почему на картах высокогорных районов высота сечения берется в 2 раза больше нормальной, а на картах плоскоравнинных районов, наоборот, в 2 раза меньше нормальной?

11. Какие виды горизонталей применяются на топографических картах? В каких случаях в дополнение к основным горизонталям применяют дополнительные и вспомогательные горизонтали? Покажите это на чертеже.

12. Изобразите горизонталями типовые формы рельефа: гору, горный хребет, котловину, лощину; седловину.

13. Изобразите горизонталями ровный, вогнутый, выпуклый и волнистый скаты.

14. Как обозначаются на картах элементы рельефа, не выражающиеся горизонталями?

15. Что означают цифровые характеристики, подписываемые на картах рядом с изображением промоин, оврагов, курганов, ям и т. п.?

16. Укажите назначение отметок высот характерных точек. 17.-Н-?.

17. Перечислите общие правила изучения рельефа, местности по карте?

18. Как определить отметку горизонтали по отметке ближайшей к ней точке, подписанной на карте?

19. Как определить абсолютную высоту точки по карте по высоте ближайшей к ней горизонтали?

20. Укажите порядок определения взаимного превышения точек.

21. По каким признакам и как определяются по карте направление скатов, их форма и крутизна?

22. Укажите назначение шкалы заложений и порядок определения по ней крутизны скатов.

6.8 Содержание топографических карт

6.8.1 Основные элементы содержания карты

Полнота отображения местности на карте. На топографических картах отображают все важнейшие элементы местности: рельеф, гидрографию, растительный покров и грунты, населенные пункты, дорожную сеть, границы, промышленные, сельскохозяйственные, социально-культурные и другие объекты. Чем крупнее масштаб карты, тем больше объектов и с большими подробностями показывают на карте. При этом в целях повышения наглядности изображения проводят картографическую генерализацию, то есть объекты, имеющие второстепенное значение и небольшие размеры, на картах не показывают.

Полнота отображения элементов местности на карте зависит и от географических особенностей картографируемой территории. Так, колодцы в обжитых районах с хорошо развитой сетью рек и каналов не имеют существенного значения и на картах масштаба 1 : 100 000 и мельче, как правило, не показывают. В пустынных и полупустынных районах колодцы приобретают

важное значение и подлежат обязательному отображению на картах масштаба 1 : 200 000 и крупнее.

На мелкомасштабных картах полнота отображения достигается обобщением очертаний контуров объектов, объединением нескольких объектов в одно целое.

Картографические условные знаки представляют собой применяемые на картах обозначения различных объектов и их качественных и количественных характеристик. Условные знаки стандартны и обязательны для всех ведомств и учреждений РФ, занимающихся созданием топографических карт.

Условные знаки одних и тех же объектов на всех крупномасштабных картах в основном одинаковы по своему начертанию и окраске и различаются лишь размерами. Для каждой группы однородных объектов установлен, как правило, общий условный знак, определяющий род предмета. Он имеет обычно простое начертание, удобное для вычерчивания и запоминания, и своим рисунком или цветом напоминает внешний вид или какие-либо другие признаки изображаемого местного предмета.

Картографические условные знаки по назначению и геометрическим свойствам подразделяют на три вида: линейные, внемасштабные и площадные. Кроме условных знаков на картах применяются подписи, поясняющие вид или род изображаемых на карте объектов, а также их количественные и качественные характеристики.

Линейными картографическими условными знаками изображают объекты линейного характера, длина которых выражается в масштабе карты, – дороги, нефтепроводы, линии, электропередачи и др.

Внемасштабными картографическими условными знаками изображают объекты, площади которых не выражаются в масштабе карты. Положению объекта на местности соответствует центр знака симметричной формы, середина основания знака с широким основанием вершина угла знака с основанием в виде прямого угла, центр нижней фигуры знака, представляющего собой сочетание нескольких фигур.

Площадными картографическими условными знаками заполняют площади объектов, выражающихся в масштабе карты. Площадные знаки, вычерченные внутри контура объекта (болота, лесного массива, сада и т. п.), не указывают его положение на местности.

Пояснительные подписи дают дополнительные характеристики объектов местности: собственные названия объектов, их назначение, количественные и качественные характеристики. Подписи в некоторых случаях сопровождаются условными значками, например при характеристике леса, обозначении направления течения воды в реке, глубины болота. Пояснительные подписи могут быть полными и сокращенными. Топографические карты имеют цветовое оформление, едино для всех масштабов. Цвет в определенной степени соответствует действительной окраске местных предметов в летнее время года. Черным цветом изображают грунтовые дороги, границы, различные строения, сооружения и т. п., синим – гидрографию, коричневым – рельеф и песчаные поверхности (песчаные грунты), зеленым – раститель-

ность. Условные знаки наиболее важных объектов (городов, автомобильных дорог с покрытием и т. п.) затушевывают оранжевым цветом.

6.8.2 Гидрография

Берега морей, озера, водохранилища. Полоса суши, примыкающая к морю (побережье), вместе с полосой моря, примыкающей к суше (прибрежьем), образуют морской берег, который характеризуется рельефом побережья, расчлененностью заливами, бухтами, характером подводных и надводных препятствий (скал, рифов, отмелей). Морские берега могут быть гористыми, возвышенными и низменными. Прибрежье гористых и возвышенных берегов обычно глубоководное, с большим количеством препятствий. Низменные берега представляют собой обычно равнину, слабо наклоненную к морю. Прибрежье таких берегов обычно мелководное, с отмелями.[1]

Очертания морских берегов по своеобразным особенностям можно объединить в следующие основные типы (рисунок 96) фиордовые, шхерные, лиманные, лагунные.

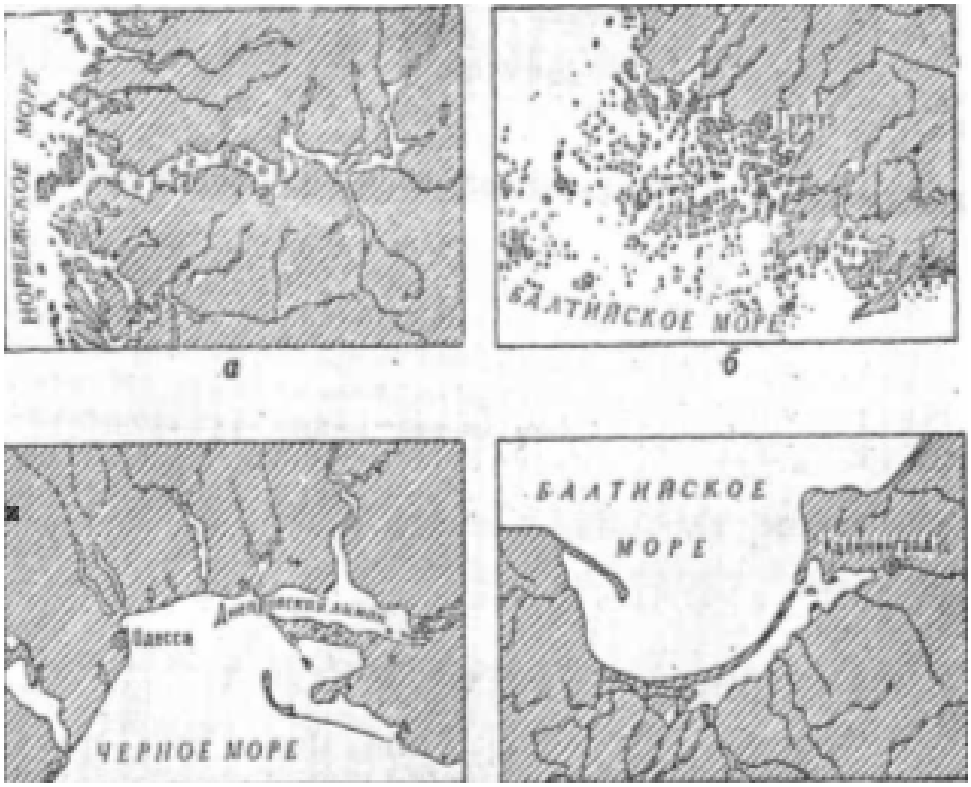


Рисунок 96 – Основные типы морских берегов: а – фиордовый; б – шхерный; в – лиманный; г – лагунный

[1] На проведение инженерных работ большое влияние оказывают приливы и отливы. Величина прилива различна: от 7 до 13м на Охотском море. Приливы изменяют уровень воды в реках, впадающих в моря. Приливная волна, входя в устье реки, может распространяться вверх по реке иногда на сотни километров, вызывая подъем уровня воды и противотечения. Скорость распространения приливной волны может достигать 20км/ч а высота 10м.

Береговые линии морей, озер и водохранилищ при изображении на картах подразделяют на постоянные и определенные, непостоянные и неопределенные. Береговая линия моря на картах соответствует линии уреза воды при наиболее высоком ее уровне во время прилива, а при отсутствии приливно-отливных явлений – линии прибоя. Береговая линия озера соответствует линии уреза воды в межень (уровень воды в сезон наиболее низкого ее стояния) а крупного водохранилища – линии нормального подпорного уровня.

На картах выделяют обрывистые и скалистые берега. Усыхающие берега (приливно-отливные полосы) показывают в соответствии с характером грунта (песчаные, песчано-каменистые, галечно-гравийные, илистые и скалистые). На картах малообжитых районов дают сведения о проходимости усыхающих берегов.

При изображении прибрежной полосы на картах указывают среднюю величину прилива с точностью до 0,1 м, начиная с величины прилива 1 м, например: «Средняя величина прилива 4 м».

На картах показывают береговые отмели и опасные берега (характер опасности неизвестен), отображающие прибрежные участки, недоступные для плавания судов (лодок).

Озера и водохранилища на картах масштабов 1 : 25 000 – 1": 100 000 отображают, если их площадь составляет 1 мм^2 и более в масштабе карты. Пресные озера независимо от размера обязательно отображают на картах, создаваемых на засушливые и безводные районы. Минеральные озера, имеющие промышленное или лечебное значение, и озера, являющиеся истоками рек, на картах изображают, как правило, все.

На картах показывают границы и площади разливов крупных рек и озер и участки, затопляемые в период дождей, при этом подписывают период затопления. Например «Период разлива май – июнь» Острова на морях, озерах, водохранилищах показывают на картах, как правило, все. При большом скоплении островов показывают более крупные из них.

Реки, каналы. Река представляет собой водный поток, текущий в естественном русле и питающийся за счет поверхностного и подземного стоков своего бассейна. Исток, (начало) реки находится около водораздела, ниже по течению река принимает ряд притоков и заканчивается устьем – местом ее впадения в море, озеро или другую реку.

Лощина, по которой протекает река, называется долиной, а ее наиболее пониженная часть, где происходит сток вод, – руслом. Часть дна долины, затопляемая в половодье, называется поймой реки. Берега рек бывают высокими или низкими, а дно твердым (песчаным, галечниковым, каменистым) или вязким (глинистым, илистым, торфяным). Основным элементом реки является ее русло (рисунок 97). Оно состоит из чередующихся узких глубоких участков, имеющих сравнительно спокойное течение и называемых плесами, и широких мелководных участков со сравнительно быстрым течением, называемых перекатами. Русло реки образует многочисленные излучины. Участки русла, на протяжении которых наблюдается резкое падение реки при значительной скорости течения, называются порогами. Они образуются, обычно

в местах пересечения рекой скалистых гряд или выходов трудно размываемых горных пород, а также, скоплений валунов, продуктов горных обвалов и т. д.

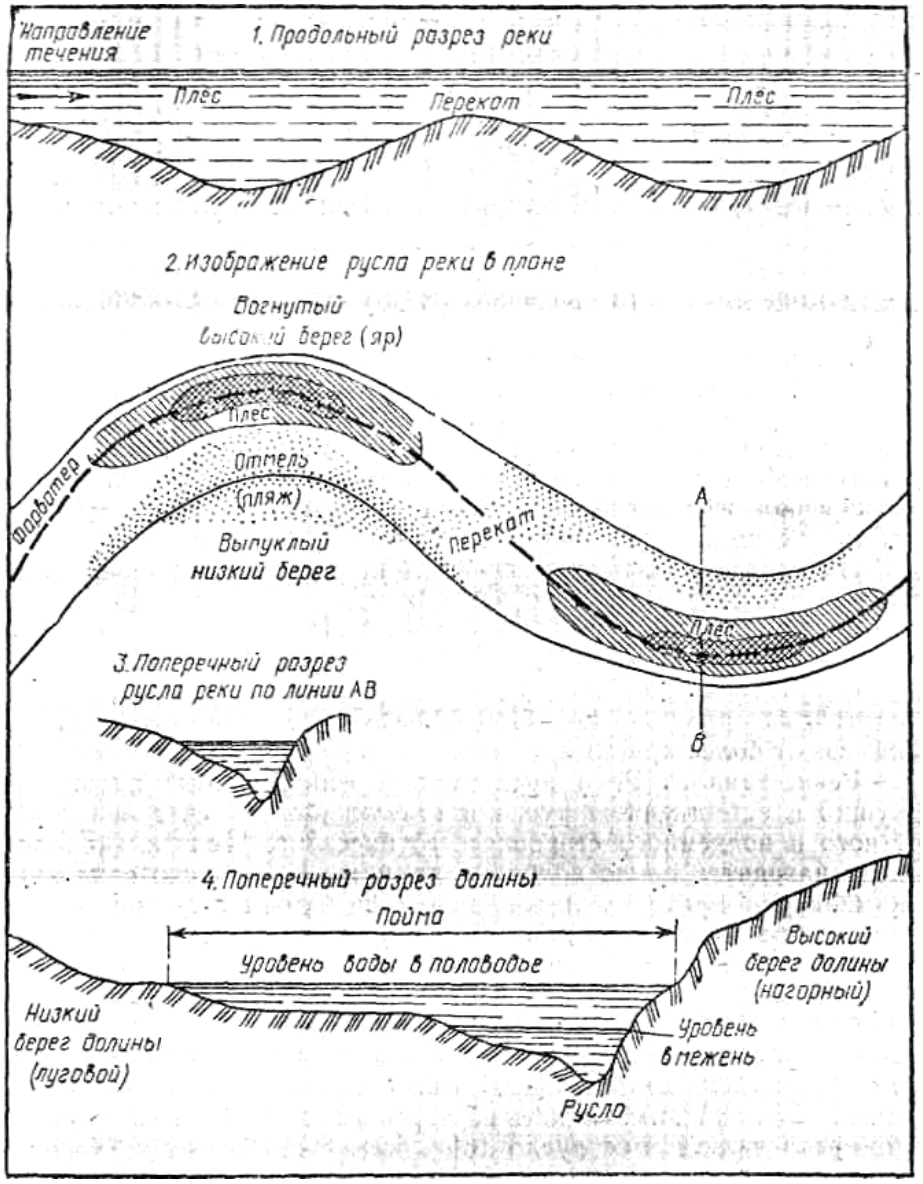


Рисунок 97 – Строение речной долины и русла

Линия наибольших глубин русла образует фарватер, который в соответствии с расположением плесов и перекатов попеременно приближается то к одному, то к другому берегу реки. Линия наибольших скоростей течения, воды образует стрежень. Разность высот уровня воды устья реки и ее истока называется падением реки, а отношение падения реки или отдельных ее участков к их длине – уклоном реки (участков).

Свойства реки во многом зависят от ее водного режима. Под режимом реки понимаются сезонные колебания уровня воды в ней и связанные с ними изменения ширины, глубины и скорости течения, а также явления высыхания, замерзания и вскрытия. По водному режиму реки, то есть изменению во времени расхода воды, различают половодье (ежегодно повторяющееся в

один и тот же период года относительно длительное увеличение уровня воды), паводок (сравнительно кратковременное и непериодическое поднятие уровня воды в реке, возникающее обычно за счет быстрого таяния снега, льда, сильных дождей), межень (продолжительное сезонное стояние низкого уровня воды в реке).

Реки подразделяют на горные и равнинные. Горные реки текут в глубоких долинах с узким дном, падение достигает нескольких метров на 1 км, течение бурное (до 7 м/с), дно твердое (каменистое), много стремнин, порогов и водопадов, берега крутые и обрывистые. Равнинные реки текут в широких долинах, падение составляет всего несколько сантиметров на 1 км, течение спокойное (0,1 – 1,5 м/с), русла извилистые, дно твердое (песчаное) или вязкое (илистое), берега пологие.

Речная сеть характеризуется густотой, то есть отношением суммарной длины всех рек к площади их бассейна. Она может быть редкой (менее 0,2 км/км^2), средней (0,2 – 0,4 км/км^2), густой (0,4 – 0,7 км/км^2) и очень густой (более 0,7 км/км^2).

Глубокие речные долины и широкие заболоченные поймы представляют серьезные преграды, особенно после сильных дождей. Узкие и глубокие долины горных рек, особенно в их верховьях, также представляют для передвижени большие трудности. Вниз по течению горной реки ее долина постепенно становится более широкой, а склоны более пологими.

Равнинные реки имеют неглубокие долины и пологие склоны. Поймы таких рек достигают по ширине 20 км и в сухое время года обычно доступны для передвижения транспорта**.** Весной и осенью, а также после сильных дождей поймы равнинных рек насыщаются водой, становятся труднопроходимыми.

Наличие удобных подходов к реке, а также возможность оборудования съездов во многом зависит, от крутизны склонов долины реки, изрезанности их оврагами и промоинами. По ширине реки подразделяются на узкие (до 60 м), средние (от 60 до 150 м) и широкие или крупные (свыше 150 м), по длине – на малые (до 100 км), средние (100 – 500 км) и большие, (свыше 500 км). Глубина реки определяет возможность преодоления ее вброд и применения различных плавающих средств. Для организации переправы вброд через реки с доступными глубинами определяют, прежде всего места перекатов, которые позволяют преодолевать реку по кратчайшему направлению и по наиболее мелкому месту реки. Признаками для определения местонахождения брода могут быть: расширение реки на ее прямом участке, дороги и тропы, подходящие к реке, рябь на поверхности воды (на перекатах).

Важной характеристикой рек, оказывающей существенное влияние на выбор и организацию переправы, применение всех видов переправочных средств, является скорость течения воды. Она влияет на проходимость бродов.

На проходимость бродов, возможность постройки мостов, существенное влияние оказывает характер грунта дна. Слабый грунт быстро разрушается от воздействия колес машин. Вязкое дно значительно ослабляет сцепле-

ние колес с грунтом. Крупные камни, расположенные по дну, сильно затрудняют передвижение машин.

Многие реки в обжитых районах перекрыты плотинами, имеют различные гидротехнические сооружения. Используя их, можно быстро изменять уровень воды в реках, создавать обширные площади искусственного затопления местности или обмеления нижележащих участков.

Реки и ручьи при изображении на картах подразделяют на постоянные и пересыхающие. Особым условным знаком отображают подземные и пропадающие участки рек, когда русло реки четко не выражено. На картах отображают подробно характер и относительную густоту речной сети, точное положение русел, четко выделяют главные реки, показывают связь речной сети с другими элементами местности.

Все реки изображают в одну или две линии в зависимости от их ширины, таблица 37.

Таблица 37 – Изображения рек на картах

Изображение реки на карте	Ширина реки (в метрах) изображаемой на карте масштаба				
	1:25 000	1:50 000	1:100 000	1:200 000	1:500 000
В одну линию	Менее 5	Менее 5	Менее 10	Менее 20	Менее 60
В две линии с промежутком между ними 0,3мм	От 5 до 15	От 5 до 30	От 10 до 60	От 20 до 120	От 60 до 300
В две линии с сохранением действительной ширины реки в масштабе карты	Более 15	Более 30	Более 60	Более 120	Более 300

Береговая линия рек, изображаемых с сохранением их действительной ширины в масштабе карты, соответствует линии уреза воды в межень.

Каналы (действующие, строящиеся и подземные) и канавы изображают на картах в одну или две линии в зависимости от их ширины, таблица 38.

Оросительные каналы и осушительные канавы на картах изображают, как правило, все с сохранением их прямолинейности и четкости углов поворота, с отображением основных направлений и относительной густоты.

Водопады и пороги на реках показывают на картах, как правило, все. Их изображения сопровождаются подписями «вдп», «пор.» и цифровой подписью высоты падения воды в метрах. При изображении небольших рек на картах горных районов показывают лишь наиболее значительные пороги, имеющие собственные названия.

При изображении рек и каналов шириной более 5 м на картах масштабов 1 : 25 000 – 1 : 200 000 подписывают их ширину, глубину и характер грунта дна (на карте масштаба 1 : 500 000 только ширину и глубину). Каналы

шириной от 3 до 5 м подписывают так же, но: без указания характера грунта дна. Изображение оросительных и осушительных канав шириной более 3 м сопровождается подписью их ширины и глубины, а сухих канав – подписью только ширины. При значительной глубине сухих канав (более 2 м) вдоль их изображения подписывают глубину.

Таблица 38 – Изображение каналов на картах

Изображение канала (канавы) на карте	Ширина канала или канавы (в метрах) изображаемой на карте масштаба				
	1:25 000	1:50 000	1:100 000	1:200 000	1:500 000
В одну линию толщиной 0,1 – 0,2 мм	Менее 3	Менее 3	Менее 3	Менее 20	Менее 20
В одну линию толщиной 0,4 мм	От 3 до 5	От 3 до 5	От 3 до 10	От 3 до 10	От 20 до 60
В две линии с промежутком между ними в 0,3 мм	От 5 до 15	От 5 до 30	От 10 до 60	От 10 до 120	От 60 до 300
В две линии с сохранением действительной ширины канала в масштабе карты	Более 15	Более 30	Более 60	Более 120	Более 300

Изображение рек, каналов и канав с постоянным водотоком сопровождается стрелкой, указывающей направление течения воды. На картах указывают поверхностную скорость течения воды в реках, изображаемых в две линии.

На картах показывают отметки урезов воды рек, озер, водохранилищ и других водоемов.

Броды через реки шириной 5 м и более изображаются на картах масштабов 1:25 000 – 1:100 000, как правило все. Их изображения сопровождаются подписью «бр» и характеристикой с указанием наибольшей глубины реки по линии переправы, длины брода, характера грунта дна и величины поверхностной скорости течения. Броды через реки шириной менее 5 м обозначаются только подписью «бр.». На карте масштаба 1 :200 000 характеристику брода подписывают у обозначений бродов через реки шириной 10 м и более.

Колодцы и другие источники воды. На картах, создаваемых на засушливые и безводные районы, изображают, как правило, все колодцы и источники воды (ключи, родники). Около обозначений колодцев, не имеющих собственных названий, помещают подпись «К» или «арт. к». Особым условным знаком выделяют на картах главные колодцы, имеющие большую наполняемость, хорошее качество воды, расположенные в узлах дорог. Обозначения главных колодцев, всех артезианских колодцев и важных источников воды сопровождают характеристикой с указанием отметки уровня воды, глубины

колодца, качественных особенностей воды (соленая, горько-соленая) и наполняемости колодца или дебита артезианского колодца, источника воды. Подписью характеристик сопровождаются также обозначения колодцев, в которых воды нет (сухие, засыпанные).

На картах, создаваемых на районы, хорошо обеспеченные водой, показывают только те колодцы и источники воды, которые расположены вне населенных пунктов, а также имеющие значение ориентиров (расположенные на возвышенных местах и удаленные от других источников воды).

На картах засушливых и безводных районов изображают сооружения для сбора дождевых и грунтовых вод (дождевые ямы, сардобы, бассейны, водохранилища). Изображения наиболее крупных сооружений, выражающихся в масштабе карты, подписывают римскими цифрами, указывающими месяцы, в течение которых в водохранилищах имеется вода; например III – VI (вода в водохранилище имеется с марта по июль).

6.8.3 Гидротехнические сооружения

На картах изображают, как правило, все паромные переправы. Их обозначения сопровождаются подписью «пар.» с указанием ширины реки, размеров парома и его грузоподъемности. Перевозы изображают только постоянные.

Плотины при изображении на картах подразделяют на надводные (проезжие и непроезжие) и подводные. Изображения крупных надводных плотин (длиной более 100 м и важных плотин меньшей длины) сопровождают подписью, в которой указывают материал сооружения, длину и ширину плотины, а также отметки верхнего и нижнего уровней воды. Около обозначений проезжих плотин подписывают отметку высоты на гребне плотины. Изображения прочих плотин сопровождаются подписью только материала сооружения.

Изображение гидроузлов, представляющих собой комплекс гидротехнических сооружений, сопровождается более подробной характеристикой, в которой указывают материал постройки водосливной и отдельно глухой частей плотины, длину водосливной части и общую длину плотины, ширину плотины по верху, разницу между верхним и нижним уровнями воды. Около изображения плотины помещают характеристику водохранилища, в которой указывают полный объем водохранилища, площадь зеркала воды, время опорожнения при открытии всех затворов и отдельно при разрушении плотины.

Шлюзы на реках и каналах изображают на картах все. Изображения их сопровождаются характеристикой с указанием количества камер (если их две и более), длины наименьшей камеры и ширины ворота также глубины на пороге ворот шлюза.

На картах показывают берега с укрепленными откосами на каналах и канализованных участках рек, если реки и каналы изображаются в две линии в масштабе карты и длина укрепленных откосов не менее 3 мм. Набережные

показывают, на реках, изображаемых в две линии при ширине изображения 1,5 мм и более.

На картах изображают дамбы (искусственные валы) с указанием материала сооружения, ширины по верху и высоты.

На картах показывают якорные стоянки и пристани, молы и причалы, волноломы и буны, а также знаки навигационной обстановки; маяки, светящие буи, постоянные знаки береговой сигнализации, имеющие значение ориентиров.

6.8.4 Растительный покров и грунты

Основные группы растительного покрова. При изображении растительности на картах ее делят на. следующие группы: древесную, (леса, рощи и отдельные деревья) и кустарниковую; полукустарниковую травянистую, моховую и лишайниковую, искусственные насаждения (сады, парки, плантации). Лесом называётся совокупность деревьев высотой более 4 м с сомкнутостью крон свыше 0,2 (сомкнутость крон – это отношение площади проекций крон всех деревьев участка на поверхность земли к площади участка). Совокупность деревьев с сомкнутостью крон менее 0,2 называется редколесьем.

Состав леса определяется количеством деревьев различных пород в общем числе стволов древостоя, выраженным в процентах. Лес, в котором не менее 80 % деревьев принадлежит к одной породе, называется чистым. Породы, на которые приходится не более 20 % деревьев, называются примесями. По составу пород леса подразделяются на хвойные, лиственные и смешанные. Состав пород оказывает определяющее влияние на его высоту, густоту, сомкнутость крон.

Возраст леса, высота и толщина деревьев взаимно связаны. Примерное деление леса по возрасту, высоте и толщине деревьев, дано в таблице 39. Толщину деревьев принято измерять на уровне груди человека.

Таблица 39 – Деление леса

Возраст леса	Высота деревьев, м	Толщина деревьев, см
Молодой (жердевый)	4 – 6	5 – 15
Средневозрастной	6 – 10	Около 20
Спелый	Более 10	Более 20

По форме различают одноярусные леса, не имеющие подлеска, и многоярусные, в которых кроны деревьев и кустарники образуют два, три яруса и более (рисунок 98).

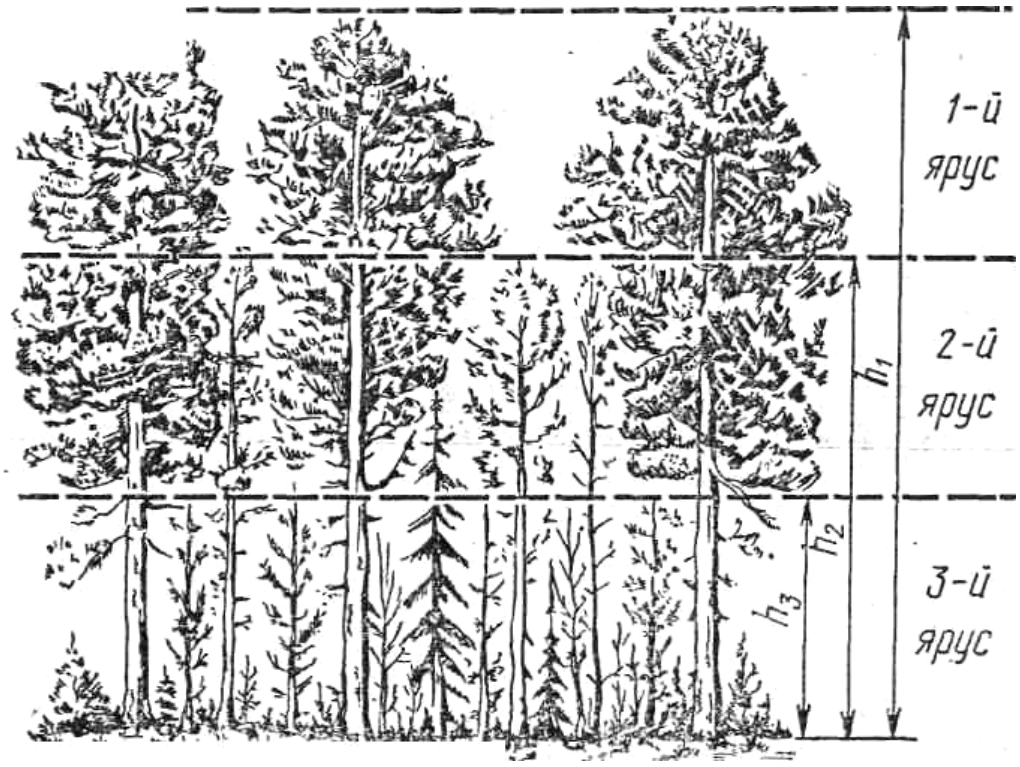


Рисунок 98 – Ярусность леса (h – высота яруса)

Густота леса характеризуется средним расстоянием между деревьями и сомкнутостью их крон, таблица 40.

Таблица 40 – Классификация леса по густоте

Классификация леса по густоте	Среднее расстояние между деревьями, м	Сомкнутость крон
Густой	Менее 4	Более 0,5
Средний	4 – 6	0,5 – 0,3
Разреженный	6 – 9	0,3 – 0,2
Редколесье	Более 9	Менее 0,9

Кустарники – это древесные растения высотой до 4 м. Каждый куст растет от корня несколькими стволами. Основными характеристиками кустарников являются состав пород, высота и густота. Кустарничками обычно называют низкорослые кустарники высотой до 0,8 м. Они широко распространены в равнинной и горной тундре (полярная березка, полярная ива, голубика, вереск, багульник и др.), а также на болотах (черника, брусника).

Травянистая растительность в зависимости от места произрастания подразделяется на луговую и степную, а в зависимости от высоты – на низкотравную (ниже 1 м) и высокотравную (выше 1 м). Моховая и лишайниковая растительность преобладает в зоне тундры, встречается также на болотах, в лесах и на гребнях гор (горная тундра). В тундре мхи занимают преимущест-

венно пониженные и более влажные места, а лишайники – возвышенные и сухие участки.

К культурной растительности относятся многочисленные искусственные посадки и посевы культурных растений (фруктовые сады, плантации цитрусовых культур, тутового дерева, плодоягодные кустарники, виноградники, чайные плантации, посевы и посадки полевых и огородных культур).

Все группы растительности определенным образом влияют, на условия проходимости местности вне дорог для машин.

Леса площадью 10 мм^2 и более в масштабе карты в лесной местности и 4 мм^2 и более в слабозалесенной отображаются на картах зеленой краской.

Низкорослые. (карликовые леса, поросль леса, лесные питомники и молодые посадки леса-при их площади 10 мм^2 и более в масштабе карты выделяются своими условными знаками с зеленой фоновой окраской более светлого тона. Участки редкого, вырубленного, горелого и сухостойного леса, расположенные среди лесных массивов, выделяются своими условными знаками без закраски при их площади 25 мм^2 и более в масштабе карты, а расположенные на открытой местности и являющиеся ориентирами и при меньшей их площади. Буреломы, т. е. участки леса, на которых повалено более половины деревьев, находящиеся среди лесных массивов при площади их 25 мм^2 и более в масштабе карты, а на открытой местности – при площади 10.мм^2 и более, выделяются зеленой краской светлого тона. Если на участке повалено менее половины деревьев и лес в этом месте стал труднопроходимым, то на изображении такого участка ставят штрихи знака бурелома. Отдельно стоящие деревья, имеющие значение ориентиров, изображают соответствующими условными знаками с делением на хвойные и лиственные.

Леса, низкорослые (карликовые) леса, лесные питомники и молодые посадки при изображении на картах подразделяют на хвойные, лиственные и смешанные. Преобладающие породы деревьев указывают принятыми сокращенными подписями, а если условные сокращенные подписи для них не предусмотрены, подписывают полностью: При изображении смешанного леса указывают две основные породы, причем обозначение и подпись преобладающей породы даются на первом месте.

В характеристике древостоя указывают среднюю высоту деревьев в метрах, среднюю толщину стволов на уровне груди человека (в долях метра) и среднее расстояние между деревьями в метрах. При обозначении породы поросли лесных питомников и молодых посадок леса подписывают только среднюю высоту деревьев в метрах; высоту деревьев менее 1 м указывают в долях метра.

Особенности лесных массивов (наличие бурелома, заболоченности, вырубок) показывают сочетанием соответствующих заполняющих условных знаков.

Просеки на картах изображают, как правило, все. Просеки шириной 20 м, и более, 40 м и более, 60 м и более соответственно на картах масштабов 1 : 25 000, 1 : 50 000 и 1 : 100 000 изображают двумя прерывистыми тонкими

линиями в соответствии с их действительной шириной в масштабе карты. Изображения просек сопровождают подписями их ширины в метрах.

Для облегчения ориентирования в лесу на картах подписывают номера лесных кварталов, которые нанесены на квартальных столбах, установленных в местах пересечения просек. Кустарники при изображении на картах подразделяют на сплошные заросли и отдельные кусты или группы кустов. Своими; условными знаками выделяют сплошные заросли колючих кустарников, сплошные заросли и отдельные группы стланика и саксаула, а также узкие полосы кустарников и живые изгороди.

Участки сплошных; зарослей кустарников изображают условными знаками и фоновой окраской светло-зеленого тона. Изображение их сопровождается подписью породы (хвойные, лиственные, смешанные) и средней высоты кустов.

Отдельные кусты, имеющие значение ориентиров, изображают так, что положение кружка условного знака соответствует положению куста на местности.

Узкие полосы кустарников и живые изгороди на картах изображают при их расположении вдоль дорог, рек, каналов и канав, а также когда они являются ориентирами.

Травянистую растительность при изображении на картах подразделяют на луговую, низкотравную влаголюбивую (осока пушица), высокотравную (выше 1 м) и степную. Отдельным условным знаком выделяют камышовые и тростниковые заросли. Кустарничковую растительность (голубику, бруснику, багульник, вереск) изображают только на картах масштаба 1 : 25 000. Моховую и лишайниковую растительность на карте масштаба 1 : 25 000 изображают разными условными знаками, а на картах масштабов 1 : 50 000 – 1 : 100 000 – одним общим условным знаком.

Участки травянистой, кустарничковой, моховой и лишайниковой растительности изображают на карте масштаба 1 : 25 000 при их площади 25 мм^2 и более в масштабе карты. Отдельные участки такой растительности, имеющие значение ориентиров, изображают при их площади 10 мм^2 и более.

Участки незаболоченных лугов и степной травянистой растительности показывают на картах, масштабов 1: 50 000 и 1 : 100О00 лишь при изображении местности с малым количеством контуров.

Отдельные участки камышовых и тростниковых зарослей, мокрые участки лугов (мочажинки) и заболоченные участки без растительности, имеющие значение ориентиров или необходимые для характеристики местности, выделяют на картах контуром.

Степную (травянистую) и полукустарниковую растительность в горной и высокогорной местности выделяют только на карте масштаба 1 : 25 000.

Фруктовые и цитрусовые сады и плантации древесных культур вне населенных пунктов показывают контуром. Виноградники, ягодные сады и плантации кустарниковых культур (чая, розы, и др.) показывают на картах контуром при их площади; 25 мм^2 и более в масштабе карты.

Плантации травянистых технических культур, например хмеля, рисовые поля, постоянно покрытые водой, изображают, при их площади .не менее 25 мм^2 в масштабе карты. Изображение плантации технических культур площадью более 1 см^2 сопровождается подписью (хмель, роза и т. д.).

Почвенно-грунтовый покров. Верхний слой земной коры мощностью в несколько метров принято называть грунтом. Верхний рыхлый слой грунта (толщиной 1,0 – 1,5 м), обладающий плодородием, называется почвой.

Грунты подразделяют на скальные и рыхлые. Скальные грунты – это монолиты твердых горных пород (граниты, базальты, песчаники). Они распространены преимущественно в горах. Рыхлые грунты образуются в результате выветривания. Они могут быть слабые, средние и твердые, таблица 41.

Таблица 41 – Характеристика грунтов

Грунт	Состав грунта	Способ определения плотности
Слабый	Пески, супеси, легкие суглинки, торфяники, чернозем, влажный лес	Лопата свободно входит в грунт, при выбрасывании куски грунта распадаются на мелкие части
Средний	Жирная глина, тяжелые суглинки, крупный гравий, сухой лес	Лопата нажимом ноги погружается в грунт на штык, вынутые куски распадаются на части разной величины
Твёрдый	Плотная сухая глина, меловые породы, глина со щебнем и галькой, крупная галька, грунты в мерзлом состоянии	Лопата входит в грунт с трудом (сразу углубить ее на весь штык не удается), куски грунта разламываются руками с трудом

Основные типы почв под влиянием климата располагаются зонами (полосами) от полюсов к экватору.

Тундровые почвы занимают северные районы с влажным и холодным климатом. Они насыщены водой, в значительной степени заболочены, на некоторой глубине чаще всего вечномерзлые, в теплое время года труднопроходимы.

Подзолистые почвы образовались под лесным покровом в районах умеренного климата, где осадков выпадает больше, чем испаряется влаги. Верхние слои подзолов содержат малое количество растворимых солей, извести, железа и алюминия, в этих слоях много кварца, который окрашивает их в белесый цвет, похожий на цвет золы. Нижние слои подзолов содержат больше глинистых частиц, чем верхние, они плотнее и трудно проницаемы для воды, что способствует образованию болот. Местность с подзолистыми почвами, особенно супесчаными, сравнительно хорошо проходима.

Черноземные почвы характеризуются черным цветом и высоким плодородием, по составу преимущественно глинистые и суглинистые. В период весенней и осенней распутицы они труднопроходимы для машин. В составе чернозема мало элементов, способных образовывать наведенную радиацию, но несколько больше, чем в подзолистых почвах.

Каштановые почвы располагаются южнее черноземных почв, по механическому составу преимущественно глинистые и суглинистые, в увлажненном состоянии обладают значительной пластичностью и липкостью, по проходимости близки к черноземным. Каштановые почвы несколько засоленные, в зоне их распространения встречаются солончаки.

Сероземы – почвы полупустынь и пустынь, в зоне их распространения особенно много солончаков. Проходимость сероземов вполне удовлетворительная. Однако весной и осенью, когда в их верхнем слое накапливается достаточное количество влаги, они становятся труднопроходимыми для машин.

Красноземные почвы распространены в субтропических и тропических районах.

Большие площади песчаных пустынь занимают пески. Они встречаются в виде бугров, гряд и холмов.

Бугристые пески характерны для районов, с неустойчивым направлением ветров, меняющихся в течение года. Они скапливаются близ кустарников в виде хаотически расположённых бугров округлой или удлиненной формы. Различают сыпучие бугры высотой до 1,5 м и уплотненные, высотой до 14 м. Скаты их, как правило, пологие, покрыты моховой и лишайниковой растительностью. Бугристые пески развиты преимущественно на нижних окраинах подгорных равнин, в районах залегания (на глубине 3 – 5 м) пресных и солоноватых грунтовых вод. Наиболее крупные бугры имеют собственные названия и являются хорошими ориентирами.

Грядовые пески представляют собой узкие, длинные (до нескольких километров), параллельные валы, часто закрепленные растительностью. Высота полузаросших грядовых песков – от 1 до 70 м, оголенных – до 200 м. Расстояние между гребнями – от десятков метров до 2 – 4 км. Они образуются в тех районах пустынь, где господствуют ветры примерно одного направления. Переносимый ветром песок отлагается в виде валов – наиболее устойчивой формы при данном режиме ветров. Обычно гряды имеют круглые гребни; склоны в зависимости от величины зерен песка имеют крутизну 10 – 20°. Между грядами образуются понижения шириной от 50 до 200 м и более с твердым глинистым или каменистым грунтом. Эти между грядовые понижения наиболее доступны для передвижения.

Песчаные холмы (барханы), как правило, сыпучие, навеянные ветром и не закрепленные растительностью. Барханы, навеянные на плотный грунт (при недостаточном количестве песка), обычно невысоки (от 0,5 до нескольких метров), но со временем могут достигать высоты более 100 м. В плане они имеют характерные полулунные или серповидные очертания с длинным пологим (5 – 14°) наветренным склоном и коротким крутым (30 – 33°) под-

ветренным склоном, переходящим в вытянутые по ветру «рога». В районах сплошных песков образуются как простые барханные формы рельефа малых и средних размеров (высотой до 20 м), так и сложные, комплексные, где эти формы сочетаются с крупными (с относительной высотой 300 м и более).

В зависимости от режима ветров, скопления барханов принимают различные формы барханных гряд, расположенных по направлению господствующих ветров или вытянутых вдоль их равнодействующей; барханных цепей, поперечных противоположным друг другу ветрам; барханных пирамид в местах конвекции вихревых потоков и др. Не закрепленные растительностью барханы могут перемещаться ветром со скоростью от десятков сантиметров до сотен метров в год.

В пустынной местности часто встречаются такыры, солонцы, солончаки и шоры.

Такыры представляют собой ровные горизонтальные глинистые участки, расположенные в понижениях рельефа песчаных и каменистых пустынь. Обычно они являются днищами плоских впадин. Иногда в этих впадинах возникают озера, питаемые талыми и дождевыми водами. При высыхании воды поверхность такыров превращается в очень гладкий участок, состоящий из растрескавшихся плит. Размеры такыров различны: от небольших участков в несколько квадратных метров до огромных площадей в несколько квадратных километров. Растительность на них почти полностью отсутствует. В сухое время года они хорошо проходимы, а в дождливое раскисают на глубину нескольких сантиметров и становятся труднопроходимыми для машин. Поверхность небольших водонепроницаемых такыров может быть использована для сбора талых и дождевых вод.

Солонцы представляют собой площади с засоленными почвами. Они характеризуются вязкостью, липкостью, набуханием во влажном состоянии, сильным уплотнением и твердостью в сухом. Сильно засоленные участки называются солончаками. После дождя солончаки становятся вязкими соляными болотами.

Шоры – это мокрые солончаки, расположенные в глубоких понижениях. В таких местах грунтовые воды, как правило, близко подходят к поверхности земли. В дождливое время года дно шор топкое, покрыто соленой грязью или водой, а в сухое время представляет собой мелкокочковатую поверхность, образованную засохшей грязью и высохшей солью. Обычно под коркой засохшей грязи, которая при движении. пешеходов и машин легко проваливается находится рыхлый лучистый слой, а под ним очень вязкий слой грунта. Во время сильных дождей шоры становятся практически непроходимыми для всех видов техники. В сухое время шоры проходимы для пешеходов вьючных животных.

Пески показывают на картах при их площади более 1 см^2 в масштабе карты. При изображении на картах масштабов 1:50 000 – 1:1000 000 их подразделяют на ровные, бугристые, грядовые и дюнные, лунковые и ячеистые, барханные. На карте масштаба 1:25 000 все пески изображают как ровные, а их рельеф показывают горизонталями.

Солончаки изображают на картах при их площади не менее 25 мм^2 в масштабе карты. При этом их подразделяют на проходимые и непроходимые (мокрые и пухлые). Непроходимые солончаки показывают контуром. Проходимые солончаки показывают контуром при их площади более 1 см^2 в масштабе кирды, такыры – при площади 25 мм^2 и более в масштабе карты.

Болота на картах показывают синей горизонтальной штриховкой. При этом их делят по степени проходимости для пешеходов на проходимые, труднопроходимые и непроходимые.

Проходимыми изображают болота, по которым летом в любом направлении возможно движение пешеходов. К ним относятся моховые болота с плотным торфом на поверхности" или под небольшим (0,3 – 0,4 м) слоем воды, покрытые обычно травянистой растительностью, а также болота со сплошным моховым покровом и большим количеством кустарников (багульника, вереска, голубики и др.).

Труднопроходимыми считают болота, по которым возможно движение пешеходов с большими трудностями (вязнут ноги, след быстро заполняется водой). К ним относятся болота с большим количеством мочажин, участками с открытой водой, рыхлым слоем торфа при большом количестве осоки и пушицы, плавни, заросшие камышом и тростником, кочковатые болота с березой или ольхой, не имеющие сплошного травяного покрова.

Непроходимыми считают глубокие топкие болота, по которым движение пешеходов практически невозможно. К ним относятся сплавинные и топяные болота, а также болота с вязким грунтом, покрытые в течение лета значительным слоем воды.

На изображении болот показывают растительный покров: травянистый, моховой, камышовый и тростниковый. Различные по степени проходимости и растительному покрову болота на картах контурами не разделяют.

На картах болота изображают при их площади 25 мм^2 и более в масштабе карты. Труднопроходимые и непроходимые болота, а также проходимые болота, имеющие значение ориентиров, изображают на картах и при меньшей их площади. Болота глубиной от 0,5 до 2 м сопровождают подписью глубины до десятых долей метра. Если болото имеет глубину более 2 м, дается подпись «Глубже 2 м». Место измерения глубины болота обозначается стрелкой.

6.8.5 Дорожная сеть

Автомобильные и грунтовые дороги. Автомобильные дороги могут быть с покрытием (автострады, усовершенствованные шоссе и шоссе) и без покрытия (улучшенные грунтовые дороги). Наиболее существенное влияние на движение оказывают ширина проезжей части, тип покрытия, величины продольных уклонов и радиусов поворота, наличие и характер дорожных сооружений.

Тип покрытия определяет прочность дороги и срок ее службы. Основными типами покрытия являются асфальтобетонное, брусчатое, гравийное, щебенчатое и булыжниковое.

Грунтовые, полевые и лесные дороги пригодны для движения автотранспорта в основном в сухое время года. Проходимость их во многом зависит от характера грунта и степени его увлажненности. При интенсивном движении они быстро разрушаются.

Крутизну подъемов и спусков дорог называют уклоном. Величину уклона выражают в процентах и определяют по формуле

$$i = h / l * 100 \qquad (75)$$

где h – высота подъема или спуска, м;

L – длина подъема или спуска, м.

Уклон, равный 1 %, обозначает подъем или спуск .на 1 м на каждые 100 м дороги. Наибольшие продольные уклоны на автомобильных дорогах не превышают 6 – 7 % на равнинной и холмистой местности и 9 – 10 % в горах.

Величина радиуса поворота оказывает влияние на скорость транспорта.

Наименьший радиус поворота для автопоездов составляет 20 м. Как правило, поворот радиусом более 350 м автомобили преодолевают без снижения скорости. Наличие большого количества крутых поворотов в значительной степени ограничивает видимость на дороге и тем самым существенно снижает скорость движения.

Наличие и характер дорожных сооружений (мостов, туннели насыпей, труб и др.) также оказывает большое влияние движение по дорогам.

Автомобильные и грунтовые дороги при изображении на картах подразделяют в зависимости от их технического совершенства или проходимости на классы по признакам, указанным в таблице 42.

Таблица 42 – Характеристика дорог

Класс дороги	Характеристика
Автострады	Капитальные дороги с прочным покрытием из асфальтобетона или цементобетона толщиной до 0,5 м. Как правило, имеют от двух до пяти рядов движения в каждом направлении. Состоят из двух проезжих частей шириной от 6,5—7,5 до 15—18 м, между которыми расположена разделительная полоса шириной от 2 до 20 м. Продольные уклоны не более 4 % на равнинной местности и не более 7 % в горной. Все пересечения с другими дорогами выполнены на разных уровнях.

Продолжение таблицы 42

Класс дороги	Характеристика
Усовершенствованные шоссе	Дороги с твердым основанием и прочным покрытием из асфальта, цементобетона, брусчатки, клинкера, а также щебня или гравия, пропитанного вяжущими веществами. Ширина покрытой части не менее 6 м, что; допускает движение в два ряда. Продольные уклоны не более 4 % на равнинной местности и не более 7 % в горной. Возможно интенсивное движение автотранспорта в течение всего года
Шоссе	Дороги с основанием из камня, песка или твердого грунта и покрытием из асфальта, гравия, щебня или шлака, уплотненных укаткой или обработанных вяжущими веществами, мостовые булыжные и из колотого камня. Ширина покрытой части 5 – 6 м. Продольные уклоны до 7 % на равнинной местности и до 10 % в горной. Возможно движение автотранспорта в течение всего года
Улучшенные грунтованные дороги	Дороги профилированные, регулярно исправляемые, не имеющие прочного основания и покрытия. Грунт проезжей части может быть улучшен разными добавками (гравием, щебнем, песком) или обработан вяжущими веществами. Продольные уклоны до 7 % на равнинной местности и до 10 % в горной. Возможно движение автотранспорта среднего тоннажа в течение большей части года
Грунтовые просёлочные дороги	Дороги непрофилированные, без покрытия, накатанные автогужевым транспортом. Обычно соединяют между собой мелкие населенные пункты или служат выездом из них на основные дороги. Проходимость их зависит от характера грунта, степени его увлажненности и сезонно-климатических условий
Полевые и лесные дороги	Грунтовые дороги местного значения, по которым движение автогужевого транспорта эпизодическое, главным образом в период полевых работ или лесоразработок
Караванные пути и вьючные тропы	Основные пути в пустынных, полупустынных и горных районах, используемые для вьючного транспорта. Некоторые караванные пути могут , быть пригодны для автогужевого транспорта. Пути в труднодоступной местности (горы, тайга, болота), пригодные только для пешего движения

Продолжение таблицы 42

Класс дороги	Характеристика
Зимние дороги	Временные пути для проезда зимой через замерзшие болота, озера, реки, проливы и заливы в малообжитых и труднодоступных районах, где нет дорог более высокого класса и проезд возможен только в зимнее время
Деревянные дороги	Дороги с деревянным покрытием. Дороги, проложенные через труднопроходимые, обычно заболоченные места в лесных районах. Устраиваются в виде настила из досок, бревен или деревянных пластин, уложенных на прогоны из бревен.

Автострады, усовершенствованные шоссе и шоссе на картах показывают все. Улучшенные грунтовые дороги на картах масштабов 1 : 25 000 и 1 : 50 000 показывают все, а на карте масштаба 1 : 100 000 и мельче – с отбором. Грунтовые (проселочные) дороги на карте масштаба 1 : 25 000 показывают все, а на карте масштаба 1 : 50 000. и мельче – с отбором.

На линиях условных знаков шоссейных и улучшенных грунтовых дорог специальными условными знаками обозначают участки с малым радиусом поворота (менее 25 м) и участки с большими уклонами (8 % и более).

Изображения автострад и шоссейных дорог сопровождаются подписью их характеристик: ширины проезжей части (для автострад – ширины одной полосы и количества полос), ширины земляного полотна (для шоссейных дорог) и материала покрытия (А – асфальт, Б – булыжник, Г – гравий, Ц – цементобетон, Щ – щебень и т. д.). Обозначают также границы смены материала покрытия.

Изображение улучшенных грунтовых дорог сопровождается подписью ширины проезжей части и материала – добавки к земляному грунту. Ширину грунтовых (проселочных) дорог подписывают в местах, где возможен проезд лишь по самой дороге, например в лесу, на болоте и т. д.

В малообжитых и труднодоступных районах изображение дороги может сопровождаться подписью, характеризующей проходимость дороги или местности вне дороги для различных видов транспорта, например: «Возможно движение автотранспорта с июля по сентябрь со скоростью до 40 км/ч».

Изображения строящихся дорог сопровождаются подписью «стр.».

На картах показывают транспортные, развязки на автомобильных дорогах, стоянки автотранспорта, а также номера автомобильных дорог, легкие придорожные сооружения и съезды с дорог.

Железные дороги при изображении на картах подразделяют: по ширине колеи на ширококолейные (1435 мм и более – 1524 мм) и узкоколейные (менее 1435 мм); по числу путей на однопутные, двухпутные, трехпутные; по виду тяги на электрифицированные и пр. (с дизельной или паровой тягой); по состоянию на действующие, строящиеся и разобранные.

На картах показывают монорельсовые железные дороги, участки линий метрополитена, проходящие по поверхности земли, а также трамвайные линии, подвесные дороги, фуникулеры и бремсберги.

Строящиеся и узкоколейные железные дороги изображают без деления по числу путей и виду тяги.

Особым условным знаком изображают полотно разобранных железных дорог.

Участки железных дорог с уклонами более 20 % выделяют штриховым условным знаком в виде угла.

Погрузочно-разгрузочные площадки длиной более 1,5 мм в масштабе карты показывают по их действительной протяженности.

На картах масштабов 1 : 25 000 и 1 : 50 000 показывают, как правило, все станции метрополитена.

Железнодорожные станции, разъезды, платформы и остановочные пункты, не выражающиеся в масштабе карты, независимо от их класса показывают одним условным знаком.

При изображении железнодорожных станций, выражающихся в масштабе карты, показывают депо, вокзалы, станционные пути, поворотные круги, пешеходные мостики через станционные пути и другие объекты. Обозначения депо, вокзалов обычно сопровождаются подписями (депо, вкз.).

Собственные названия станций, разъездов, платформ и остановочных пунктов, расположенных вне населенных пунктов, на картах подписывают, как правило, все. При их расположении в одноименных населенных пунктах или вблизи них названия не подписывают, а подписи названий населенных пунктов (за исключением городов) подчеркивают тонкими линиями. Названия станций, расположенных не в одноименных населенных пунктах, подписывают.

Условные знаки разъездов, платформ и остановочных пунктов на картах сопровождаются подписью (раз., пл., ост. п.).

Дорожные сооружения. Мосты и путепроводы, выражающиеся в масштабе карты, длиной более 30, 60 и 120 м соответственно на картах масштабов 1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 100 000 изображают по их действительным размерам с делением по материалу постройки (мосты деревянные, металлические, каменные, железобетонные) и конструкции (мосты обыкновенные, двухъярусные, подъемные, разводные, наплавные). Остальные мосты независимо от материала постройки и особенностей конструкции показывают внемасштабными условными знаками с делением на мосты длиной 3 м и более и мосты длиной менее 3 м (мосты через незначительные препятствия, трубы для стока воды)

Обозначения железнодорожных мостов длиной 100 м и более сопровождаются подписью материала постройки, высоты низа фермы над уровнем воды (в межень) или над поверхностью земли и длины в метрах. Около обозначений мостов длиной менее 100 м дают подпись только материала постройки.

Обозначения мостов на шоссейных и грунтовых дорогах сопровождаются подписью при длине моста более 3 м. При этом указывают материал постройки, длину и ширину моста в метрах, грузоподъемность в тоннах.

Туннели на железных и автомобильных дорогах показывают на картах все. Их обозначения сопровождаются подписью «тун. с указанием высоты, ширины и длины туннеля.

Насыпи и выемки на дорогах показывают на картах масштабов 1 : 25 000 и 1 : 50 000 при их высоте (глубине) 1 м и более, а на картах масштабов 1 : 100 000 и 1 : 200 000 – при их высоте (глубине) соответственно 2 м, 3 м и более. Обозначения насыпей и выемок обычно сопровождаются подписью их относительной высоты (глубины) в метрах.

Километровые знаки (столбы, и камни) на автомобильных и грунтовых дорогах показывают на картах, создаваемых на районы, бедные ориентирами. При этом обозначения некоторых из них, расположенных в характерных местах, сопровождаются подписью числа километров, указанного на километровом знаке.

6.8.6 Населенные пункты

В зависимости от характера производственной деятельности населения и числа жителей населенные пункты подразделяют на города, поселки городского типа, поселки при промышленных предприятиях, железнодорожные станции, поселки сельского, и дачного типа. Наиболее важное значение имеют города, крупные – более 100 тыс. жителей, средние – от 50 до 100 тыс. жителей и малые – менее 50 тыс. жителей.

Основными показателями города, оказывающими влияние на различные факторы, являются площадь и конфигурация городской территории, особенности местности в черте города и на подступах к нему, характер планировки, плотность застройки, наличие подземных сооружений.

Регулярная планировка, отличающаяся прямыми улицами и геометрически правильной формой кварталов, может быть прямоугольной, радиальной и комбинированной. Прямоугольная планировка характеризуется преобладанием кварталов, ограниченных системой, пересекающихся под прямым углом улиц и переулков. При радиальной планировке магистральные улицы идут от центра к окраине по радиусам, а промежуточные – по замкнутым кривым. Систему улиц и кварталов важно учитывать при планировании боевых действий в городе. Улицы обычно используются как основные пути маневра и действий войск, а правильное расположение кварталов, перекрестков улиц повышает их значение как основных ориентиров.

Для нерегулярной планировки характерны узкие улицы и неправильные по форме кварталы.

Смешанная планировка, как правило, характерна для городов, имеющих старую часть с нерегулярной планировкой и новую часть (обычно окраины) с регулярной планировкой.

Застройка городских кварталов может быть сплошной (почти без разрывов между фасадами отдельных зданий), плотной (с небольшими промежутками между зданиями) и рассредоточенной (с постройками, разбросанными на значительном пространстве, вне связи друг с другом). Плотная и рассредоточенная застройки типичны для малых и некоторых средних городов, пригородов и различных поселков.

Населенные пункты при изображении на картах подразделяют по типу поселения, численности жителей и политико-административному значению.

Типы (категорий) населенных пунктов и численность жителей в них показывают на картах начертанием шрифтов, применяемых для подписи их названий.

Административное значение населенных пунктов отображают на картах выделением столиц государств, административных центров и населенных пунктов, в которых расположены местные органы власти. Столицы и административные центры выделяют начертанием и размером шрифтов подписи их названий. Районные центры и центры поселковых и сельских Советов выделяют условными сокращенными подписями, помещаемыми под их названиями **(**Ра – районный, ПQ – поселковый, Са – сельский **)**

На картах масштабов 1 : 25 000 – 1 : 200 000 показывают, как правило, все населенные пункты. На картах масштабов 1 : 100 000 и 1 : 200 000 густонаселенных районов показывают отдельные населенные пункты сельского типа с числом жите лей менее 100 человек без подписи их названий. Нагрузку изображения населенных пунктов на картах масштабов 1 : 500 000 и 1 : 1 000 000 устанавливают в зависимости от характера района, густоты населенных пунктов, их величины, значения и типа. В малообжитых районах обычно отображают все жилые и нежилые строения, а также разрушенные и полуразрушенные населенные пункты и отдельные строения (развалины), имеющие значение ориентиров. При изображении на картах городов, поселков городского типа, поселков: сельского типа с квартальной и рядовой застройкой выделяют плотно застроенные кварталы и части кварталов, в которых расстояния между строениями не превышают 50 м. На картах масштабов 1 : 25 000 и 1 : 50 000 плотно застроенные кварталы с преобладанием (более 50 %) огнестойких строений (каменных, кирпичных, железобетонных) выделяют фоновой окраской оранжевого цвета, а с преобладанием неогнестойких строений (деревянных, глинобитных, саманных и т. п.) – желтого цвета.

На карте масштаба 1 : 25 000 при изображении плотно застроенных кварталов на фоне окраски оранжевого или желтого цвета показывают, как правило, все здания. Плотно застроенные кварталы крупных городов на картах масштабов 1 : 50 000 и 1 : 100 000 показывают без подробного отображения застройки; на фоне окраски оранжевого или желтого цвета на карте масштаба 1 : 50 000 и оранжевого цвета на карте масштаба 1 : 100 000 изображают выдающиеся здания, крупные промышленные строения и сооружения, имеющие значение ориентиров.

Плотно застроенные кварталы малых городов, поселков городского типа, а также поселков сельского типа с квартальной планировкой на карте

масштаба 1 : 50 000 показывают с подробным отображением застройки, как на карте масштаба 1 : 25 000. На карте масштаба 1 : 100 000 застройку в кварталах таких населенных пунктов отображают залитыми фигурами и полосами, в которые объединяют изображения близко расположенных друг к другу строений. При этом выделяют незастроенные участки внутри кварталов и характерные разрывы в застройке вдоль улиц.

При изображении поселков сельского типа с квартальной и рядовой (ленточной) застройкой плотно застроенные части кварталов (ряды) показывают на картах масштабов 1 : 25 000 и 1 : 50 000. В зависимости от огнестойкости преобладающих строений дают окраску, на фоне которой показывают строения с отображением их ориентировки.

На картах изображают разрушенные и полуразрушенные кварталы.

Жилые и нежилые строения в кварталах населенных пунктов с бессистемной застройкой, а также отдельно расположенные показывают на картах с отображением их размеров, конфигурации и ориентировки. Выдающиеся огнестойкие строения, расположенные вне населенных пунктов и в населенных пунктах, если они служат хорошими ориентирами, на картах масштабов 1 : 25 000 и 1 : 50 000 выделяют особым условным знаком. При высоте выдающихся строений 50 м и более дают подпись его высоты. Отдельно расположенные дворы показывают на картах условным знаком, в котором залитый прямоугольник обозначает местоположение жилого дома.

На картах показывают улицы, проезды и тупики. Магистральные и главные улицы выделяют более широким условным знаком. Как правило, таким условным знаком показывают те улицы, которые соединяют по кратчайшему расстоянию дороги высших классов, подходящие к населенному пункту. При изображении мелких поселков сельского типа, через которые проходят второстепенные грунтовые дороги, магистральные улицы не выделяют.

6.8.7 Промышленные, сельскохозяйственные и социально-культурные объекты

Заводы, фабрики и электростанции, территория которых выражается в масштабе карты, изображают условными знаками строений и сооружений с подписью рода объекта или производству Если эти объекты в масштабе карты не выражаются, их изображают соответствующими внемасштабными условными знаками, которые в необходимых случаях сопровождаются подписями.

Обозначения заводских и фабричных труб, радио- и телевизионных мачт, сооружений башенного типа высотой 50 м и более, а также терриконов, расположенных в населенных пунктах, сопровождаются подписями высот этих сооружений в метрах, а если эти объекты расположены вне населенных пунктов, то кроме того, подписью высоты над уровнем моря.

Аэропорты, аэродромы и посадочные площадки изображают на картах с сохранением действительных размеров в масштабе карты. Границы их

обозначают условным знаком ограждения или пунктиром, а внутри контура дают условный знак аэродрома (посадочной площадки). Аэровокзалы, ангары, мастерские и другие здания, относящиеся к аэродрому, изображают условными знаками строений. Гидроаэродромы и посадочные площадки для гидросамолетов показывают на картах соответствующими условными знаками, которые располагают на площади изображаемого водного пространства.

Нефтяные и газовые вышки, скважины без вышек показывают на картах соответствующими условными знаками, как правило, все, а при большом их количестве – с отбором, но с обязательным отображением крайних объектов в группах.

Шахты, штольни и рудники при изображении на картах подразделяют на действующие и недействующие, их обозначения сопровождаются подписями: шах. (шахта), шт. (штольня) или руд. (рудник).

Места добычи полезных ископаемых открытым способом (карьеры) показывают по контуру освоенной площади. Около обозначений карьеров глубиной более. 1 м на картах масштабов 1: 25 000 и 1: 50 000 и глубиной более 2 м на картах масштаба 1: 100 000 и мельче подписывают их глубину в метрах.

Участки торфоразработок и соляных разработок, выражающиеся в масштабе карты, показывают по контуру освоенной площади и на их изображениях ставят соответствующие условные знаки. Участки, не выражающиеся в масштабе карты, показывают внемасштабными условными знаками.

Нефтепроводы, газопроводы и другие трубопроводы (наземные и подземные) показывают на картах, как правило, все, за исключением проходящих внутри населенных пунктов.

Линии электропередачи изображаются условными знаками в соответствии с видом опор: линии на деревянных опорах и линии на металлических или железобетонных опорах. На картах через 6 – 8 см подписывают высоту опор в метрах. Линии электропередачи и связи внутри населенных пунктов, а также в полосе отчуждения железных и. шоссейных дорог на картах не показывают.

На картах изображают обычно все радиостанции и телевизионные центры, а также метеорологические станции.

Бензоколонки, трансформаторные будки, дома лесников, лесопильни, мельницы и другие подобные объекты на картах показывают внемасштабными условными знаками; объекты, имеющие значение ориентиров, сопровождаются соответствующими подписями.

На карте масштаба 1 : 200 000 промышленные, сельскохозяйственные и социально-культурные объекты наносят с отбором и, как правило, в тех случаях, когда они расположены вне населенных пунктов или на их окраинах. На картах масштабов 1 : 500 000 и 1 : 1 000 000 показывают наиболее значительные промышленные и социально-культурные объекты в зависимости от их важности в экономическом и военном отношениях, а также от их значения как ориентиров или препятствий для аэронавигации.

6.8.8 Геодезические пункты

На картах изображают различными условными знаками следующие геодезические пункты: пункты государственной геодезической сети, точки съемочной сети, закрепленные на местности центрами, астрономические пункты, реперы и марки государственной нивелирной сети.

Центральные точки условных знаков геодезических пунктов, обозначающие местоположение пункта, наносят на карты с максимальной точностью (по координатам). Условные знаки геодезических пунктов сопровождают подписями отметки высоты в метрах, отнесенной к наружному центру пункта. Геодезические пункты, расположенные на курганах, зданиях и церквах, обозначают комбинированными условными знаками, указывающими положение пункта в сочетании с изображением объекта, на котором он расположен. Условными знаками государственной геодезической сети показывают геодезические пункты 1, 2, 3 и 4-го классов, координаты которых помещены в каталогах координат геодезических пунктов.

Условные знаки пунктов государственной геодезической сети на зданиях, а также на церквах применяют при изображении на картах масштабов 1 : 25 000 и 1 : 50 000 зданий, возвышающиеся части которых (шпили, башни) определены как геодезические пункты, а их координаты включены в каталоги координат геодезических пунктов. Центр кружка в условном знаке строения (выдающегося здания, церкви) соответствует точке, координаты которой определены. На карте масштаба 1 : 100 000 пункты геодезической сети на зданиях не показывают, а показывают только на церквах.

Такие объекты местности, как заводские и фабричные трубы, заводы, фабрики и мельницы с трубами, телевизионные башни, телевизионные, радио- и радиорелейные мачты, капитальные сооружения башенного типа и другие подобные им объекты, определенные как геодезические пункты, особыми знаками на картах не выделяют. На картах их координаты относятся к точкам знаков, определяющих положение объектов на местности.

Условными знаками точек съемочной сети показывают закрепленные на местности центрами пункты триангуляции и полигонометрии.

Астрономические пункты изображают на картах малообжитых районов, если они служат исходными пунктами для развития геодезических сетей или являются ориентирами. Условными знаками реперов и марок государственной нивелирной сети показывают нивелирные реперы и марки, высоты которых определены из высокоточных измерений.

6.8.9 Границы

На картах показывают следующие границы политико-административного деления: государственные, полярных владений **республик РФ** автономных республик, краев, областей, округов и административных единиц 1-го порядка на иностранной территории.

Государственные границы отмечают на картах в точном соответствии с официальными материалами, устанавливающими их положение. При изо-

бражении государственных границ наносят все пограничные знаки и копцы. Если государственная граница проходит по реке, каналу, узкому проливу, то на картах изображают установленные на местности пограничные знаки по обеим сторонам реки (канала и т. п.).

Границы политико-административного деления РФ показывают по данным дежурных карт и других официальных материалов.

Все границы дают на картах с минимальным обобщением, с большой тщательностью отображают изгибы, повороты и прямолинейные участки, резкие повороты обозначают точками условного знака. Границы, проходящие по суше и не совпадающие с линейными объектами местности, изображают условными знаками без разрывов, при этом ось условного знака соответствует действительному положению границы. Границы, совпадающие с линейными объектами (дорогой, каналом, рекой), отмечают группами звеньев условного знака не более 4 – 6 см. При прохождении границы вдоль линейных объектов местности обозначение ее группами звеньев дают с той стороны изображения объекта, с которой она проходит на местности. Если граница проходит по фарватеру или середине реки, изображаемой в две линии, то ее показывают группами звеньев между линиями берегов с сохранением всех изгибов и поворотов.

При совпадении границ различного порядка на карте дают границу высшей политико-административной единицы.

Изображения всех государственных границ и границ республик **РФ** выделяют окраской. Если эти границы проходят по руслу реки, изображаемой в одну линию или в две линии, с промежутком между ними менее 6 мм, то окраску условного знака границы дают сплошной полосой вдоль изображения одного из берегов реки. Условный знак границы, совпадающий с обозначениями морей, заливов, озер и крупных рек, не подкрашивают.

На картах показывают границы всех государственных заповедников.

6.8.10 Зарамочное оформление карт

За рамками листа карты, помешают различные сведения, необходимые для работы с картой.

В заголовке листа карты дают название наиболее значительного населенного пункта из числа изображенных на листе, а если населенных пунктов на данной карте нет, то помещают название какого-либо важного или крупного объекта (горы, перевала, озера и т. п.).

Слева над рамкой указывают систему координат и политико-административную принадлежность территории, изображенной на карте. Справа над рамкой указывают гриф карты, номенклатуру и год издания.

Под нижней (южной) стороной рамки слева приводят данные о магнитном склонении, сближении меридианов и поправке направления. В пояснительном тексте о склонении магнитной стрелки и сближении меридианов указывают, на какой год дается склонение и приводится величина его годового изменения. Величины склонения магнитной стрелки, годового измене-

ния склонения и сближения меридианов, указывают в градусной мере и делениях угломера.

В пояснительном тексте и на чертеже, помещаемом справа от текста, приводят также поправку в дирекционный угол для перехода от него к магнитному азимуту в делениях угломера. Если в данном районе отмечается магнитная аномалия, то на соответствующих листах карты величину склонения магнитной стрелки на чертеже не подписывают, а величины склонения магнитной стрелки и сближения меридианов приводят в тексте.

Под южной рамкой карты посредине помещают линейный и численный масштабы карты, указывают величину масштаба и высоту сечения рельефа, правее масштаба дают шкалу заложений, предназначенную для определения крутизны скатов.

Под рамкой справа приводят текст, в котором излагают сведения о способе создания карты, времени съемки, а также о материалах, использованных при составлении и обновлении листа карты.

За рамкой листа (с восточной стороны) могут приводиться различные дополнительные сведения (о геодезической основе, проходимости местности и т. д.), а также дополнительные условные знаки.

Между внутренней и внешней линиями рамки листа карты дают оцифровку вертикальных и горизонтальных линий координатной (километровой) сетки и подписи географических координат углов рамки. Стороны рамки разбиты на минутные деления (по широте и долготе), а каждое минутное деление точками разбито на шесть частей по десять секунд каждая.

У выходов за рамку карты железных и шоссейных дорог помещают название ближайшего города или поселка, куда ведет данная дорога, с указанием расстояния в километрах, от рамки до этого населенного пункта.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Как подразделяются условные знаки топографических карт по назначению и геометрическим свойствам?
2. Какие точки внемасштабных условных знаков обозначают на карте действительное местоположение изображаемых ими объектов?
3. Назовите основные подписи, помещаемые на топографических картах.
4. Назовите особенности изображения на картах побережья морей, озер и водохранилищ.
5. Как изображаются реки на картах в зависимости от их ширины?
6. Назовите основные группы растительного покрова.
7. Как изображаются на картах леса?
8. Перечислите основные типы почв.
9. Дайте краткую характеристику песчаной почвы.
10. Покажите порядок изображения на картах песков.
11. Дайте краткую характеристику болот изображаемых на топографических картах.

12. Назовите основные типы автомобильных дорог и порядок изображения их на топографических картах.

13. Назовите основные показатели городов.

14. Назовите виды населенных пунктов по численности жителей при изображении на топографических картах.

15. Как отображается на топографических картах политико-административное значение населенных пунктов?

16. Укажите основные особенности изображения на картах геодезических пунктов.

17. Назовите содержание зарамочного оформления топографических карт.

6.9 Измерения по карте

6.9.1 Измерение расстояний

При создании топографических карт, спроектированные на уровенную поверхность линейные размеры всех объектов местности уменьшают в определенное количество раз. Степень такого уменьшения называется масштабом карты.

Масштаб может быть выражен в числовой форме (численный масштаб) или в графической (линейный, поперечный масштабы) в виде графика. Оформление на карте численного и линейного масштабов показано на рисунке 99.

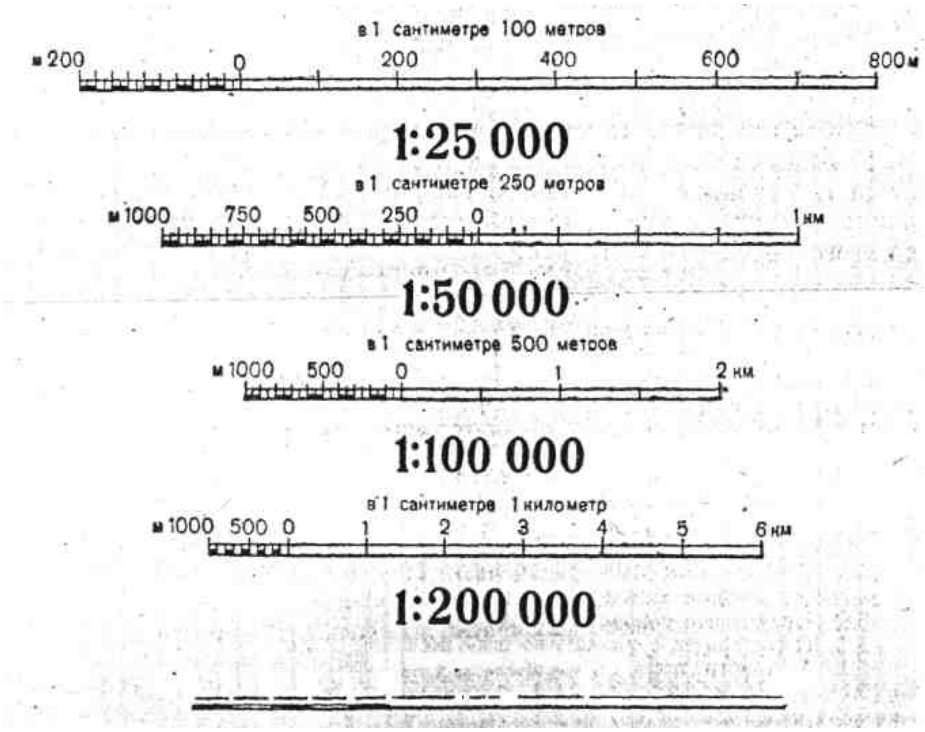


Рисунок 99 – Оформление численного и линейного масштабов на топографических картах

Расстояния по карте измеряют, пользуясь обычно численным или линейным масштабом. Более точные измерения выполняют с помощью поперечного масштаба.

Численный масштаб – это масштаб карты, выраженный дробью, числитель которой – единица, а знаменатель – число, показывающее, во сколько раз уменьшены на карте горизонтальные проложения линий местности. Чем меньше знаменатель, тем крупнее масштаб карты. Например, масштаб 1 : 25 000 показывает, что все линейные размеры элементов местности (их горизонтальные проложения на уровенную поверхность) при изображении на карте уменьшены в 25000 раз

Расстояние на местности в метрах и километрах, соответствующее 1 см на карте, называется величиной масштаба. Она указывается на карте под численным масштабом.

При пользовании численным масштабом расстояние, измеренное на карте в сантиметрах, умножают на знаменатель численного масштаба в метрах. Например, на карте масштаба 1:50 000 расстояние между двумя местными предметами равно 4,7 см; на местности оно будет 4,7х500=2350 м. Если расстояние, измеренное на местности, необходимо отложить на карте, его надо разделить на знаменатель численного масштаба.

На пример, на местности расстояние между двумя местными предметами составляет 1525 м. На карте масштаба 1 : 50 000 оно будет 1525:500 = 3,05 см. Линейный масштаб представляет собой графическое выражение численного масштаба. На шкале линейного масштаба оцифрованы отрезки, соответствующие расстояниям на местности в метрах или километрах. Это облегчает процесс измерения расстояний, так как не требуется производить вычисления.

Измерения по линейному масштабу выполняют с помощью циркуля-измерителя (рисунок 100). Длинные прямые линии и извилистые линии на карте измеряют по частям. Для этого устанавливают раствор («шаг») циркуля-измерителя, равный 0,5 – 1 см, и таким «шагом» проходят по измеряемой линии (рисунок 101), ведя счет перестановок ножек циркуля-измерителя. Остаток расстояния измеряют по линейному масштабу. Расстояние подсчитывают, умножив число перестановок циркуля на величину «шага» в километрах и прибавив к полученной величине остаток. Если нет циркуля-измерителя, его можно заменить полоской бумаги, на которой черточкой отмечают измеренное на карте или откладываемое на ней по масштабу расстояние.

Поперечный масштаб – это специальный график, выгравированный на металлической пластинке (рисунок 102). Построение его основано на пропорциональности отрезков параллельных линий, пересекающих стороны угла. Стандартный (нормальный) поперечный масштаб имеет большие деления, равные 2 см, и малые деления (слева на графике), равные 2 мм. Кроме того, на графике имеются отрезки между вертикальной и наклонной линиями, равные по первой нижней горизонтальной линии 0,2 мм, по второй 0,4 мм, по

третьей 0,6 мм и.т. д. С помощью поперечного масштаба можно измерять и откладывать расстояния на картах любого масштаба.

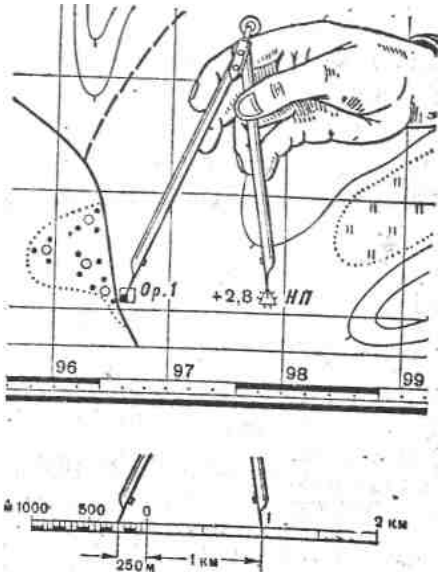


Рисунок 100 – Измерение расстояний на карте циркулем-измерителем по линейному масштабу

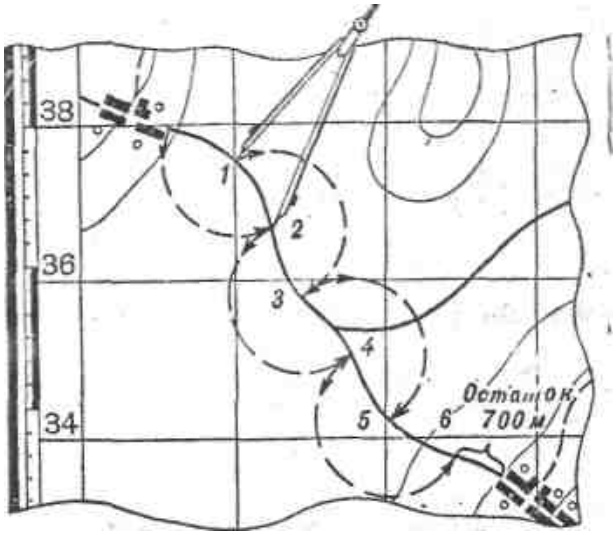


Рисунок 101 – Измерение расстояний по извилистой линии

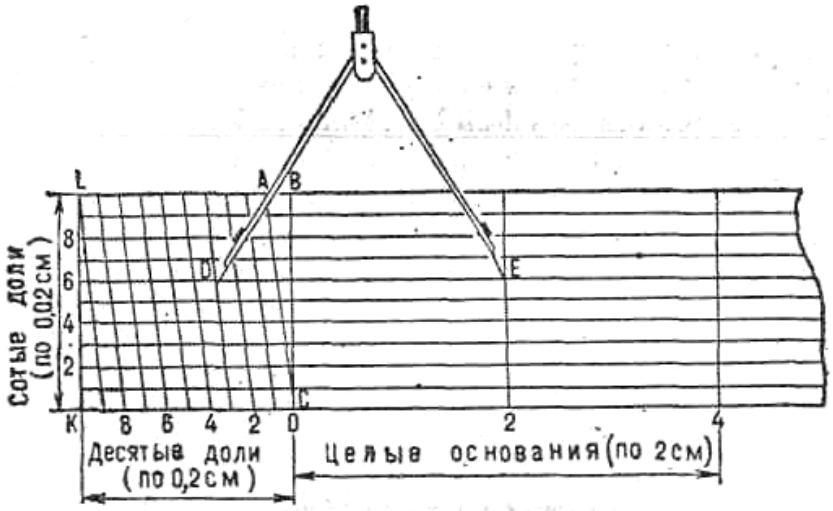


Рисунок 102 – Поперечный масштаб: отсчет по масштабу 2,36 см

Точность измерения расстояний. Точность измерения длины прямолинейных отрезков на топографической карте с помощью циркуля-измерителя и поперечного масштаба не превышает 0,1 мм. Эта величина называется предельной графической точностью измерений, а расстояние на местности, соответствующее 0,1 мм на карте, – предельной графической точностью масштаба карты.

Графическая ошибка измерения длины отрезка на карте зависит от деформации бумаги и условий измерения. Обычно она колеблется в пределах 0,5 – 1 мм. Чтобы исключить грубые ошибки, измерение отрезка на карте надо выполнять два раза. Если полученные результаты не расходятся более чем на 1 мм, за окончательное значение длины отрезка принимают среднее из двух измерений. Ошибки в определении расстояний по топографическим картам различных масштабов приведены в таблице 43.

Таблица 43 – Ошибки в определении расстояний по картам

Масштаб карты	Предельная графическая ошибка, м	Средняя ошибка
1 : 25 000	2,5	12 – 25
1 : 50 000	5	25 – 50
1 : 100 000	10	50 – 100
1 : 200 000	20	100 – 200
1 : 500 000	50	250 – 500
1 : 1000 000	100	500 – 1000

Поправка в расстоянии за наклон линии. Измеренное по карте расстояние на местности будет всегда несколько меньше. Это происходит потому, что на карте измеряют горизонтальные приложения, в то время как соответствующие им линии на местности обычно наклонные (рисунок 103). Коэффициенты перехода от измеренных на карте расстояний к действительным приведены в таблице 44.

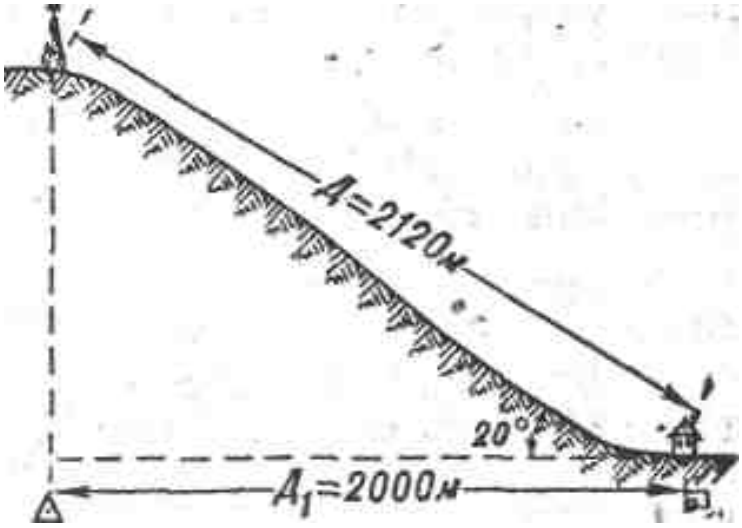


Рисунок 103 – Проекция длины ската на плоскость (карту):Д1 – расстояние на плоскости (карте); Д – расстояние на местности.

Как видно из таблицы, на равнинной местности измеренные по карте расстояния мало отличаются от действительных. На картах холмистой и особенно горной местности точность определения расстояний значительно сни-

жается. Например, расстояние между двумя пунктами, измеренное по карте, на местности с углом наклона 12°, равно 9270 м. Действительное же расстояние между этими пунктами будет 9270х1,02=9455м.

Таблица 44 – Коэффициенты перехода расстояний

Угол наклона		Коэффициент перехода от длины линии на карте к расстоянию на местности
в градусах	в делениях угломера	
0	0-00	1,00
6	1-00	1,01
12	2-00	1,02
18	3-00	1,05
24	4-00	1,10
30	5-00	1,15
36	6-00	1,24

Таким образом, при измерении расстояний по карте необходимо вводить поправки за наклон линий (за рельеф).

Определение расстояний по координатам, снятым с карты. Прямолинейные расстояния большой протяженности в одной координатной зоне могут быть рассчитаны по формуле.

$$S = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \qquad (76)$$

где S — расстояние на местности между двумя точками, м;

x_1, y_1— координаты первой точки;

x_2, y_2 — координаты второй точки.

Этот способ определения расстояний используется при подготовке данных для проектирования сооружений в других случаях.

6.9.2 Измерение длины маршрута

Длину маршрута измеряют по карте обычно курвиметром (рисунок 105). Стандартный курвиметр имеет две шкалы для измерения расстояний по карте: с одной стороны метрическую (от 0 до 100 см), с другой стороны дюймовую (от 0 до 39,4 дюйма) Механизм курвиметра состоит из обводного колеса, соединенного системой зубчатых передач со стрелкой. Для измерения длины линии на карте следует предварительно вращением обводного колеса установить стрелку курвиметра на начальное (нулевое) деление шкалы, а затем прокатить обводное колесо строго по измеряемой линии. Полученный отсчет по шкале курвиметра необходимо умножить на величину масштаба карты.

Правильность работы курвиметра проверяют путем измерения известной длины линии, например расстояния между линиями километровой сетки на карте. Погрешность в измерении линии длиной 50 см курвиметром составляет не более 0,25 см.

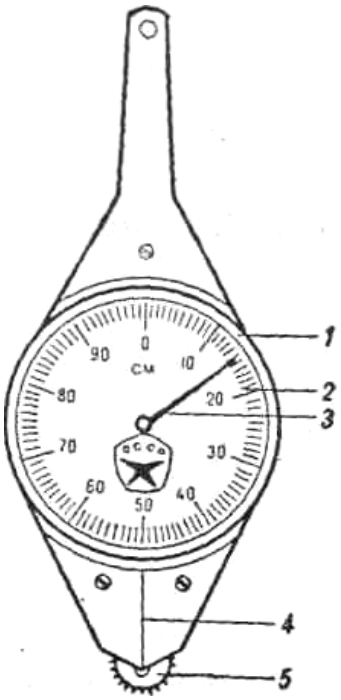


Рисунок 104 – Курвиметр КУ А; 1 – Корпус; 2 – шкала; 3 – стрелка; 4 – указатель; 5 – обводное колесо

Протяженность маршрута на карте может быть измерена также циркулем измерителем (см. подразд.6.9.1).

Измеренная по карте длина маршрута всегда будет несколько короче действительной, так как при составлении карт, особенно мелкомасштабных, дороги спрямляют. В холмистой и горной местности, кроме того, имеется значительная разность между горизонтальным проложением маршрута и его действительной длиной из-за подъемов и спусков. По этим причинам в измеренную по карте длину маршрута необходимо вводить поправку. Поправочные коэффициенты, таблица 45, для разных типов местности и масштабов карт неодинаковы.

Таблица 45 – Поправочные коэффициенты

	Поправочный коэффициент для карты масштаба			
	1 : 50 000	1 : 100 000	1 : 200 000	1 : 500 000
Равнинная	1,0	1,0	1,5	1,5
Холмистая	1,05	1,10	1,15	1,20
Горная	1,15	1,20	1,25	1,30

Из таблицы видно, что в холмистой и горной местности разность между, измеренной по карте и действительной протяженностью маршрута значительная. Например, измеренная по карте масштаба 1 : 100 000 горного района длина маршрута равна 150 км, а действительная длина его будет 150·1,20=180 км.

Поправку в длину маршрута можно вводить непосредственно при его измерении по карте циркулем-измерителем, устанавливая «шаг» циркуля-измерителя с учетом поправочного коэффициента.

6.9.3 Определение площадей

Площадь участка местности определяют по карте чаще всего подсчетом квадратов координатной сетки, покрывающих этот участок. Величину долей квадратов определяют на глаз или с помощью специальной палетки на линейке. Каждый квадрат образуемый линиями координатной сетки на карте масштаба 1: 50 000, соответствует на местности 1 км^2, на карте масштаба 1 : 100 000 – 4 км^2, .на карте масштаба 1 : 200 000 – 6 км^2.

При измерении больших площадей по карте или фотодокументам применяется геометрический способ, который заключается в измерении линейных элементов участка и последующем вычислении его площади по формулам геометрии. Если участок на карте имеет сложную конфигурацию, его делят прямыми линиями на прямоугольники, треугольники, трапеции и вычисляют площади полученных фигур.

Площадь разрушений в районе землетрясения подсчитывают по формуле $P = \pi R^2$. Величину радиуса *R* измеряют по карте. Например, радиус сильных разрушений в эпицентре равен 3,5 км. Тогда P=3,14*12,25 = 38,5 км^2.

Площадь местности рассчитывают по формуле для определения площади трапеции. Приближенно эту площадь можно вычислить по формуле для определения площади сектора круга

$$P = \frac{Ra}{2} \qquad (77)$$

где R – радиус круга, км; а – хорда, км.

6.9.4 Определение азимутов и дирекционных углов

Азимуты и дирекционные углы. Положение какого-либо объекта на местности чаще всего определяют и указывают в полярных координатах, то есть углом между начальным (заданным) направлением и направлением на объект и расстоянием до объекта. В качестве начального выбирают направление географического (геодезического, астрономического) меридиана, магнитного меридиана или вертикальной линии координатной сетки карты (рисунок 105). За начальное может быть принято и направление на какой-нибудь удаленный ориентир. В зависимости от того, какое направление принято за

начальное, различают географический (геодезический, астрономический) азимут А, магнитный азимут Ам, дирекционный угол α и угол положения 0.

Географический (геодезический, астрономический) азимут – это двугранный угол между плоскостью меридиана данной точки и вертикальной плоскостью, проходящей в данном направлении, отсчитываемый от направления на север по ходу часовой стрелки. Геодезический азимут представляет собой двугранный угол между плоскостью геодезического меридиана данной точки и плоскостью, проходящей через нормаль к ней и содержащей данное направление. Двугранный угол между плоскостью астрономического меридиана данной точки и вертикальной плоскостью, проходящей в данном направлении, называется астрономическим азимутом.

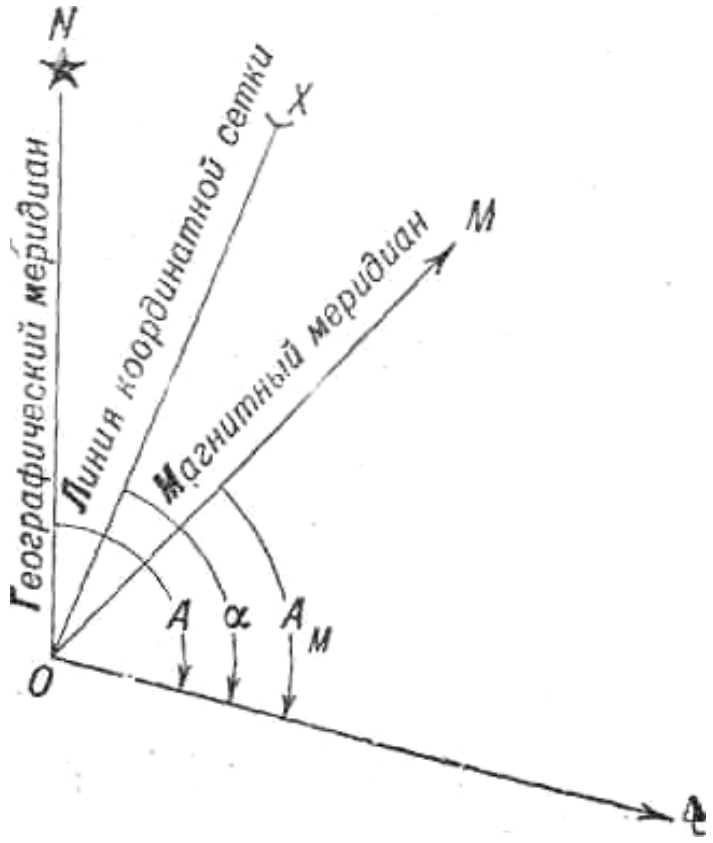


Рисунок 105 – Направления, принимаемые за начальные

Магнитный азимут – горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления магнитного меридиана по ходу часовой стрелки.

Дирекционный угол α – это угол между проходящим через данную точку направлением и линией, параллельной оси абсцисс, отсчитываемый от северного направления оси абсцисс по ходу часовой стрелки.

Все вышеперечисленные углы могут иметь значения от 0 до 360°.

Угол положения 0 измеряют обе стороны от направления, принятого за начальное. Прежде чем назвать угол положения объекта указывают, в какую сторону (вправо, влево) от начального направления он измерен.

Транспортиром дирекционные углы измеряют в таком порядке (рисунок 106). Исходную точку, и местный предмет соединяют прямой линией; длина которой от точки ее пересечения с вертикальной линией координатной сетки должна быть больше радиуса транспортира. Затем совмещают транспортир с вертикальной линией координатной сетки, сообразуясь с величиной угла. Отсчет по шкале транспортира против прочерченной линии будет соответствовать величине измеряемого дирекционного угла. Средняя ошибка измерения угла транспортиром составляет 0,5°

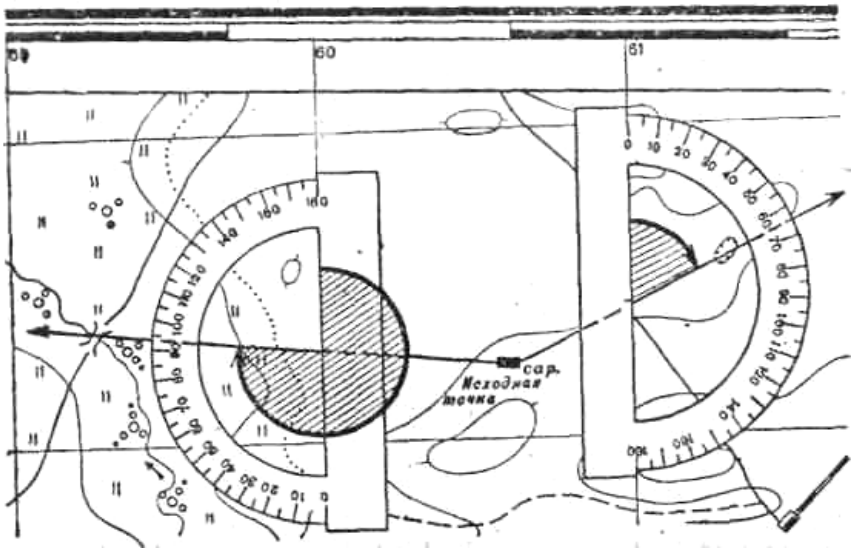


Рисунок 106 – Измерение дирекционных углов по карте транспортиром: *а* – дирекционный угол направления на мост равен 274°; *б* – дирекционный угол на яму равен 65.

Чтобы провести на карте направление, заданное дирекционным углом в градусной мере, надо через главную точку условного знака исходного пункта провести линию, параллельную вертикальной линии координатной сетки. К линии приложить транспортир и против соответствующего деления шкалы транспортира (отсчета), равного, дирекционному углу, поставить точку. После этого через две точки провести прямую линию, которая и будет направлением данного дирекционного угла.

Сближение меридианов. Переход от геодезического азимута к дирекционному углу. Сближение меридианов (см. подр. 1.2.4).

Сущность сближения меридианов в развернутом виде показана на рисунке 107.

Направлению геодезического меридиана на топографической карте соответствуют боковые стороны ее рамки а также прямые линии которые можно провести между одноименными минутными делениями долгот.

Геодезический азимут направления отличается от дирекционного угла на величину сближения меридианов (рисунок 108).

Магнитное склонение. Переход от магнитного азимута к геодезическому азимуту. Свойство магнитной стрелки занимать определенное поло-

жение в данной точке пространства обусловлено взаимодействием ее магнитного поля с магнитным полем Земли.

Отрицательное сближение меридианов. Положительное сближение меридианов.

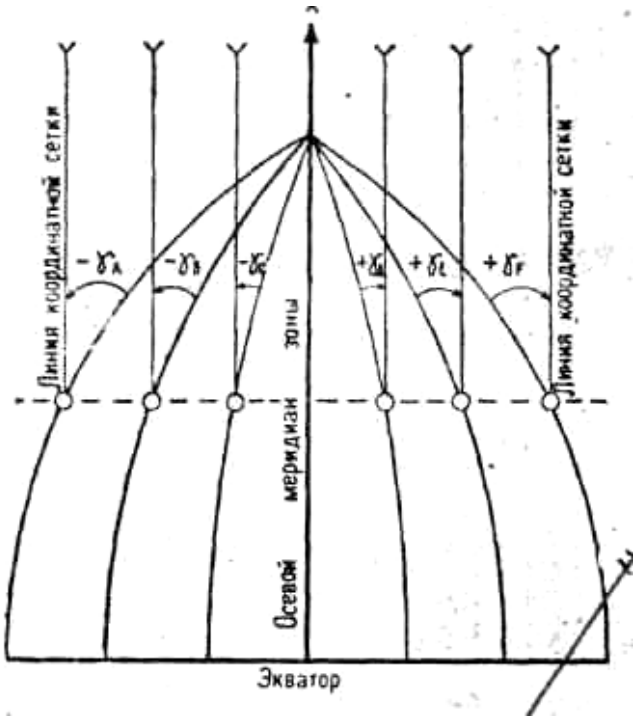


Рисунок 107 – Сущность сближения меридианов.

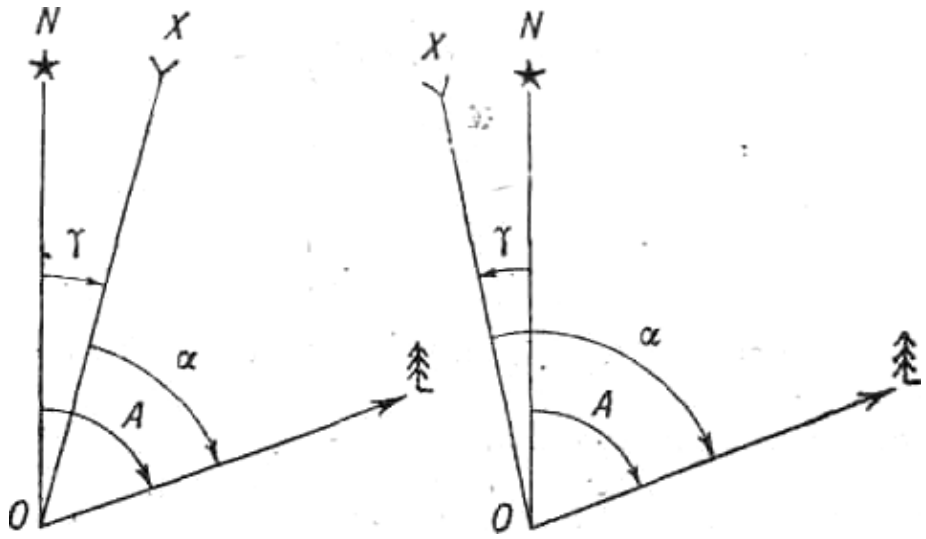


Рисунок 108 – Зависимость между геодезическим азимутом, дирекционным углом и сближением меридианов.

Направление установившейся магнитной стрелки в горизонтальной плоскости соответствует направлению магнитного меридиана в данной точ-

ке. Магнитный меридиан в общем случае не совпадает с геодезическим меридианом.

Угол между, геодезическим меридианом данной точки и ее магнитным меридианом, направленным на север, называется склонением магнитной стрелки или магнитным склонением.

Магнитное склонение считается положительным, если северный конец магнитной стрелки отклонен к востоку от геодезического меридиана (восточное склонение), и отрицательным, если он отклонен к западу (западное склонение).

Зависимость между геодезическим азимутом, магнитным азимутом и магнитным склонением (рисунок 110) может быть выражена формулой

$$A = Am + (+/-8)$$

Магнитное склонение изменяется с течением времени и переменой места. Изменения бывают постоянные и случайные. Эту особенность магнитного склонения необходимо учитывать при точном определении магнитных азимутов направлений мер, при подготовке движении по азимутам и т. п.

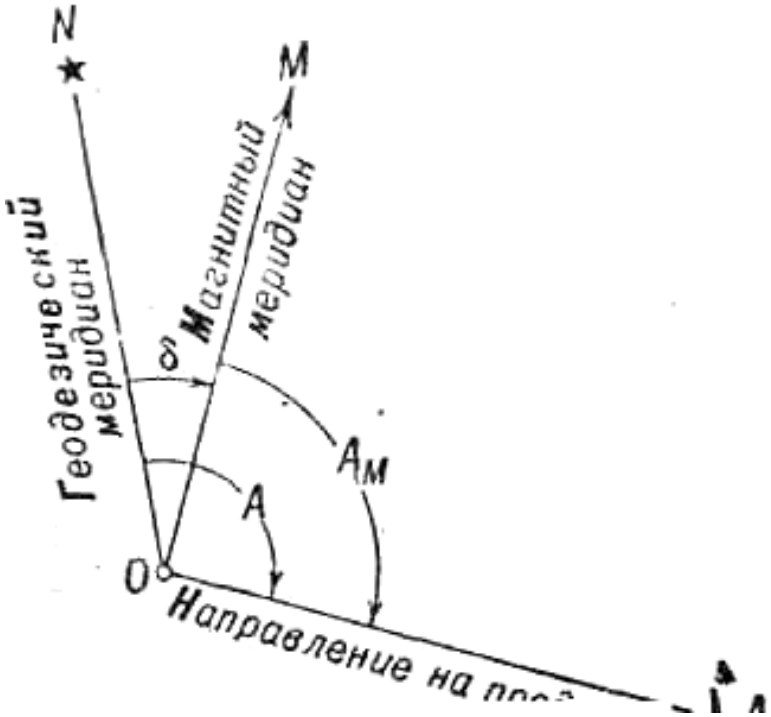


Рисунок 109 – Зависимость между геодезическим азимутом, магнитным азимутом и магнитным склонением

Изменения магнитного склонения обусловлены свойствами магнитного поля Земли.

Магнитное поле Земли – пространство вокруг земной поверхности, в котором обнаруживаются действия магнитных сил. Отмечается тесная их взаимосвязь с изменениями солнечной активности.

Вертикальная плоскость, проходящая через магнитную ось стрелки, свободно помещенной на острие иглы, называется плоскостью магнитного

меридиана. Магнитные меридианы сходятся на Земле в двух точках, называемых северным и южным магнитными полюсами (М и Mi), которые не совпадают с географическими полюсами. Северный магнитный полюс находится на северо-западе Канады и перемещается в северо-западном направлении со скоростью около 16 миль в год. Южный магнитный полюс находится в Антарктиде и тоже перемещается. Таким образом; это блуждающие полюсы.

Различают вековые, годовые и суточные изменения магнитного склонения.

Вековые изменения магнитного склонения представляют собой медленное увеличение или уменьшение его значения из года в год. Достигнув некоторого предела, они начинают изменяться в противоположном направлении. Например, в Лондоне 400 лет назад магнитное склонение было + 11°20'. Затем оно уменьшалось и в 1818 г. достигло – 24°38'. После этого стало увеличиваться и в настоящее время составляет около 1 – 11°. Предполагают, что период вековых изменений магнитного склонения составляет около 500 лет.

Для облегчения учета магнитного склонения в разных точках земной поверхности составляют специальные карты магнитных склонений, на которых точки с одинаковыми магнитными склонениями соединяют кривыми линиями. Эти линии называются изогонами. Их наносят на топографические карты масштабов 1 : 500 000 и 1 : 1000 000.

Максимальные годовые изменения магнитного склонения не превышают 14 – 16. Сведения о среднем на территорию листа карты магнитном склонении, относящиеся к моменту его определения, и годовом изменении магнитного склонения помещают топографических картах масштаба 1:200 000 и крупнее.

В течение суток магнитное склонение совершает два колебания. К 8 ч магнитная стрелка, занимает крайнее восточное положение, после чего до 14 ч она перемещается к западу, а затем до 23 ч движется к востоку. До 3 ч вторично перемещается к западу, а к восходу Солнца опять занимает крайнее восточное положение. Амплитуда такого колебания для средних широт достигает 15. С увеличением широты места амплитуда колебаний увеличивается.

Учесть суточные изменения магнитного склонения весьма сложно.

К случайным изменениям магнитного склонения относятся возмущения магнитной стрелки и магнитные аномалии.

Возмущения магнитной стрелки, захватывающие обширные районы, наблюдаются во время землетрясений, вулканических извержений, полярных сияний, грозы, появления большого числа пятен на Солнце и т. п. В это время магнитная стрелка отклоняется от своего обычного положения иногда до 2 – 3°. Длительность возмущений колеблется от нескольких часов до двух и более суток.

Залежи железных, никелевых и других руд в недрах Земли оказывают большое влияние на положение магнитной стрелки. В таких местах возника-

ют магнитные аномалии. Небольшие магнитные аномалии встречаются довольно часто, особенно в горных районах. В районах магнитных аномалий нельзя пользоваться магнитной стрелкой для определения ориентирных направлений. Районы; магнитных аномалий отмечают на топографических картах специальными условными знаками.

Переход от магнитного азимута к дирекционному углу. На местности при помощи компаса (буссоли) измеряют магнитные азимуты направлений, от которых затем переходят к дирекционным углам. На карте, наоборот, измеряют дирекционные углы и от них переходят к магнитным азимутам направлений на местности. Для решения этих задач необходимо знать величину отклонения магнитного меридиана в данной точке от вертикальной линии координатной сетки карты.

Угол, образованный вертикальной линией координатной сетки и магнитным меридианом, представляющий собой сумму сближения меридианов и магнитного склонения, называется отклонением магнитной стрелки или поправкой направления (ПН). Он отсчитывается от северного направления вертикальной линии координатной сетки, и считается положительным, если северный конец магнитной стрелки отклоняется к востоку от этой линии, и отрицательным при западном отклонении магнитной стрелки. На рисунке 111 поправка направления равна 2° 16+5° 16=+7°32.

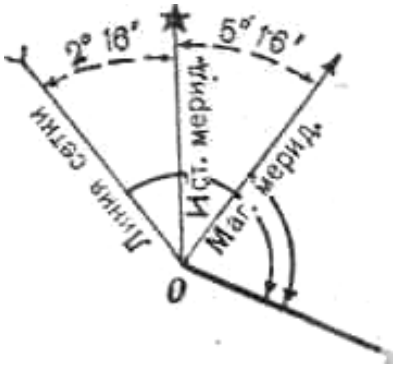


Рисунок 110 – Переход магнитного азимута к дирекционному углу

Поправку направлениями составляющие ее сближение меридианов и магнитное склонение приводят на карте под южной стороной рамки в виде схемы с пояснительным текстом.

Поправку направления в общем случае можно выразить формулой

$$ПН=(+/-\delta)-(+/-\gamma)$$

Если на карте измерен дирекционный угол направления, то магнитный азимут этого направления на местности

$$Ам=\alpha-(+/-ПН).$$

Измеренный на местности магнитный азимут какого-либо направления переводится в дирекционный угол этого направления по формуле

$$\alpha=Ам+(+/-ПН).$$

Чтобы избежать ошибок при определении величины и знака поправки направления, нужно пользоваться помещаемой на карте схемой направлений геодезического меридиана, магнитного меридиана и вертикальной линии координатной сетки.

При точных измерениях переход от дирекционных углов к магнитным азимутам и обратно выполняется с учетом годового изменения магнитного склонения. Сначала определяют склонение магнитной стрелки на данное время (указанное на карте годовое изменение склонения магнитной стрелки умножают на число лет, прошедших после создания карты), затем полученную величину алгебраически суммируют с величиной склонения магнитной

стрелки, указанной на карте. После этого переходят от измеренного дирекционного угла к магнитному азимуту по приведенным выше формулам.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что называется величиной масштаба карты? Какую величину масштаба имеют карты масштабов 1: 500 000 и 1 : 1 000 000?
2. Перечислите масштабный ряд топографических карт и укажите, с какой точностью могут, быть измерены расстояния по картам разных масштабов?
3. Расстояние на карте масштаба 1:100 000 между двумя пунктами 5,28 см. Чему равно это расстояние на местности?
4. На местности измерено по прямой линии расстояние, равное 1450 м. Определите длину этого расстояния на картах масштабов 1:25 000 и 1: 100 000.
5. Измеренная курвиметром по карте масштаба 1: 200 000 протяженность маршрута движения оказалась равной 78,5 см. Половина маршрута проходит в холмистой, а вторая половина в горной местности. Определите Длину маршрута на местности.
6. Радиус слабых разрушений на местности от землетрясения 15,3 км, Чему равна площадь разрушений?
7. Измеренное по карте масштаба 1:50 000 расстояние от Т1 до Т2 оказалось равным 1,52 см. где находится на скате горы. Угол возвышения цели 30°. Чему равно расстояние Т2 на местности?
8. Дайте определение; геодезического азимута и дирекционного угла. Укажите разницу между геодезическим и астрономическим азимутами.
9. Магнитный азимут направления на удаленный ориентир, измеренный буссолью на местности, 102°31'. Склонение магнитной стрелки – 5°28', а сближение меридианов – 1°16'. Чему равны дирекционный угол и геодезический азимут этого направления?
10. Дирекционный угол направления на Т2 измеренный по карте транспортиром 18-46. Поправка направления, указанная на карте, + 1-32. Карта составлена семь лет назад. Годовое изменение магнитного склонения – 0-02. Определите значение магнитного азимута направления на местности.

6.10 Определение координат объектов на земной поверхности

6.10.1 Системы координат, применяемые в топографии

Система координат представляет собой совокупность линий и плоскостей, ориентированных определенным образом в пространстве, относительно которых определяют положение точек. Линии, принятые за начальные, служат осями координат, а плоскости – координатными плоскостями. Угловые и линейные величины, которыми определяется в той или иной системе координат положение точек на линии, поверхности или в пространстве, называются координатами.

В науке, технике, архитектуре существуют различные системы координат. В каждом конкретном случае применяются системы координат, которые наилучшим образом отвечают требованиям к определению положения точек.

Положение точек на поверхности Земли в зависимости от характера решаемых задач и требуемой точности чаще всего определяют в системах географических, плоских прямоугольных полярных и биполярных координат. Пространственное положение точек в каждой системе координат дополнительно определяется высотой этих точек над уровенной поверхностью, принятой за начальную (см. подраздел 6.7.3).

Указанные выше системы координат широко применяются в топографии. Они позволяют сравнительно просто и однозначно определять с необходимой точностью положения точек на земной поверхности по результатам измерений, выполненных непосредственно на местности или по карте. Система географических координат является единой для всей поверхности Земли. Она позволяет определять взаимное положение расположенных точек на значительных расстояниях друг от друга.

При решении использование этой системы ограничено неудобствами работы с координатами, выраженными в градусах, минутах и секундах.

Системой плоских прямоугольных координат какой-либо зоны связана с системой координат остальных зон и с системой географических координат точек на поверхности земли.

Прямоугольные координаты находят наиболее широкое применение при решении практических задач на местности и по карте. Они удобнее географических координат, так как оперировать линейными величинами проще, чем угловыми.

Система полярных координат состоит из точки, называемой полюсом, и начального направления – полярной оси. Положение любой точки на земной поверхности в этой системе координат определяется углом направления на нее относительно полярной оси и расстоянием от полюса до точки. При топогеодезической подготовке запуска искусственных спутников Земли в некоторых других случаях географические или прямоугольные координаты перевычисляют в полярные координаты. Часто система полярных координат используется как местная система, например, при указании по азимуту и дальности до точки.

Система биполярных координат (двухполюсная система) состоит из двух фиксированных точек, называемых полюсами, и направления между ними, которое называется базисом или базой засечки. Положение любой точки на земной поверхности определяется в этой системе двумя углами направлений с полюсов на точку относительно базиса. Если видимости между полюсами нет, то направления на точку в этой системе координат можно определять относительно какого-либо другого направления, принятого за начальное, например направления магнитного меридиана. Система биполярных координат часто применяется при засечке точек, высотных реперов и т. п.

6.10.2 Определение географических (геодезических) координат точек по карте

Внутренними рамками топографических карт являются отрезки параллелей и меридианов. Их широту и долготу подписывают на углах каждого листа карты. На картах Западного полушария в северо-западном углу рамки каждого листа правее значения долготы меридиана помещают надпись: «К западу от Гринвича».

На картах масштабов 1 : 25 000 – 1 : 200 000 стороны рамок разделены на отрезки, равные 1. Эти отрезки оттенены через один и разделены точками (кроме карты масштаба 1 : 200 000) на части по 1.

На каждом листе карты масштабов 1 : 50 000 и 1 : 100 000 показывают, кроме того, пересечение средних меридиана и параллели с оцифровкой в градусах и минутах, а по внутренней рамке – выходы минутных делений штрихами длиной 2 – 3 мм. Это позволяет при необходимости прочерчивать параллели и меридианы на карте, склеенной из нескольких листов. При составлении карт масштабов 1 : 500 000 и 1 : 1 000 000 на них наносят картографическую сетку параллелей и меридианов. Параллели проводят соответственно через 20 и 40, а меридианы – через 30 и 1°.

На линиях параллелей и меридианов каждого листа карты этих масштабов подписывают широту и долготу, наносят штрихи соответственно через 5 и 10, что позволяет легко определять географические координаты точек на отдельном листе и на склейке карты.

Географические (геодезические) координаты точки определяют от ближайших к ней параллели и меридиана, широта и долгота которых известны (рисунок 112). Для этого соединяют прямыми линиями ближайшие к точке одноименные десятисекундные деления по широте к югу от точки и по долготе к западу от нее. Затем определяют размеры отрезков по широте л долготе от прочерченных линий до положения точки и суммируют их соответственно с широтой и долготой прочерченных линий (параллели и меридиана).

Точность определения географических координат по картам масштабов 1 : 25 000 – 1 :200 000 составляет около 2 и 10 соответственно.

При нанесении точки на карту по географическим координатам вначале отмечают черточками значения координат этой точки по широте на западной и восточной сторонах рамки, а по долготе – на южной и северной сторонах. Затем соединяют черточки по широте и долготе прямыми линиями. Пересечение параллели и меридиана (прямых линий) определяет положение точки на карте.

6.10.3 Плоские прямоугольные координаты и топографическая карта

Прямоугольная координатная сетка на топографических картах. В каждой координатной зоне строится координатная сетка. Она представляет собой сетку квадратов, образованных линиями, параллельными координатным

осям зоны. Линии сетки проводятся через целое число километров. Поэтому координатную сетку называют также километровой сеткой, а ее линии – километровыми.

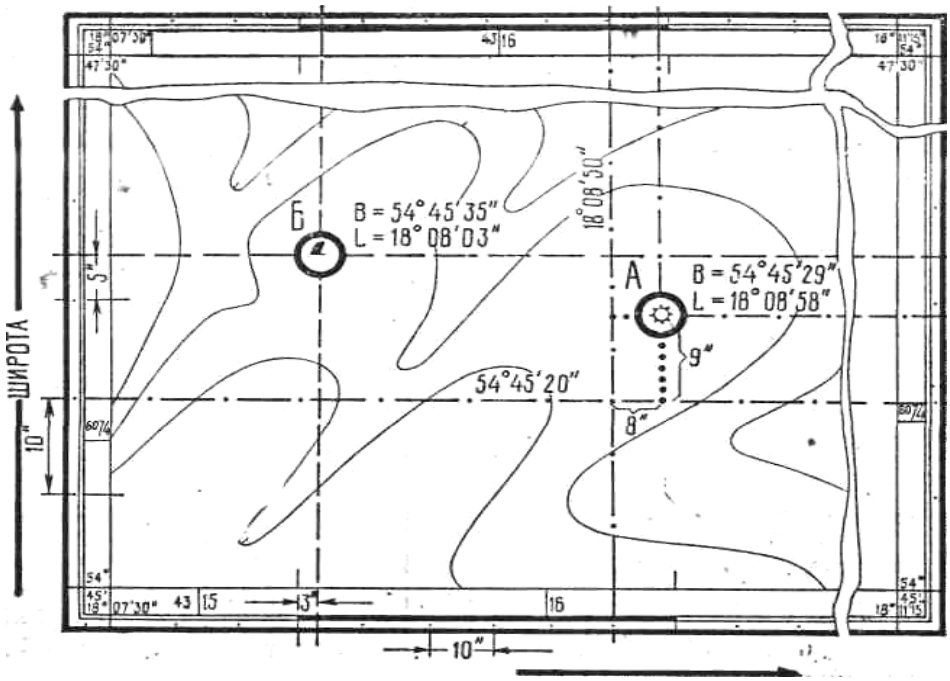


Рисунок 111 – Определение географических координат точек по карте (точка А) и нанесение на карту точек по географическим координатам

Если изображение одной зоны с нанесенной на ней сеткой квадратов разделить на отдельные листы карты, то каждый лист будет покрыт координатной сеткой, составляющей часть разграфки, общей для всей зоны.

На карте масштаба 1 : 25 000 линии, образующие координатную сетку, проводятся через 4 см, то есть через 1 км на местности (рисунок 111), на картах масштабов 1 : 50 000 – 1 : 200 000 – через 2 см (1, 2 и 4 км на местности соответственно). На карте масштаба, 1 : 500 000 наносятся лишь выходы линий координатной сетки на внутренней рамке каждого листа через 2 см (10 км на местности). При необходимости по этим выходам координатные линии могут быть нанесены на карту.

Координатная сетка на карте используется при определении прямоугольных координат и нанесении на карту точек по их координатам, измерении по карте дирекционных углов направлений, отыскании на карте различных объектов, приближенном определении расстояний и площадей, а также при ориентировании карты на местности.

Оцифровка линий координатной сетки. Координатная сетка каждой зоны имеет оцифровку, которая одинакова во всех зонах. На рисунке 112 даны подписи значений абсцисс и ординат координатных линий, проведенных через 100 км.

Таким образом, в каждой координатной зоне имеется множество точек, численные значения координат которых одинаковы с численными значениями координат точек других зон. Например, точка А (рисунок 112) в 10-й зоне имеет координаты x=310 850, y=320 600. В какой либо другой зоне, например в 11-й, из-за того, что оцифровка во всех зонах одинакова, эти координаты, повторяются. Следовательно, точек А с одинаковыми координатами на земной поверхности будет 60 (По числу зон). Чтобы однозначно определять положение точки, необходимо всегда слева от значения ее ординаты, как отмечалось ранее, указывать номер зоны.

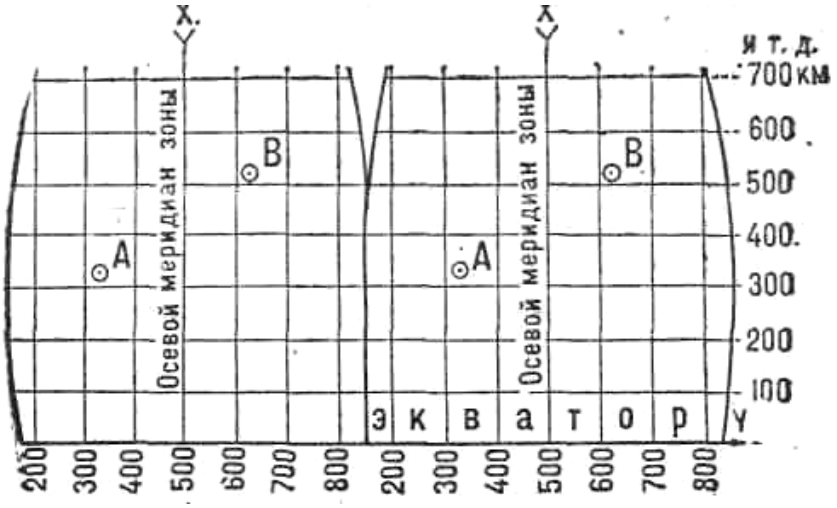


Рисунок 112 – Оцифровка координатной сетки в зоне

При работе на ограниченной территории, изображенной, например, на одном листе карты, используют сокращенные координаты. В этом случае при определении прямоугольных координат по карте указывают десятки и единицы километров, сотни, десятки и единицы метров. Тогда точка А будет иметь сокращенные координаты x=10 850, y= 20 600.

На топографических картах значения абсцисс и ординат координатных линий подписывают у выходов линий за внутренней рамкой листа и в девяти местах на каждом листе карты. Полные значения абсцисс и ординат в километрах подписывают около ближайших к углам рамки карты координатных линий, около линий, ограничивающих квадраты координатной сетки по сто километров, и около ближайшего к северо-западному углу пересечения координатных линий. Остальные координатные линии подписывают сокращенно двумя цифрами (десятки и единицы километров). Подписи около горизонтальных линий координатной сетки соответствуют расстояниям от оси ординат в километрах.

Подписи около вертикальных линий обозначают номер зоны (одна или две первые цифры) и расстояние в километрах (всегда три цифры) от начала координат, условно перенесенного к западу от осевого меридиана зоны на 500 км. Например, подпись 6740 означает: 6 – номер зоны, 740 – расстояние от условного начала координат в километрах.

Определение прямоугольных координат точек по карте. При определении полных координат точки по оцифровке координатной линии, образующей южную сторону квадрата, в котором, расположена точка, находят и записывают полное значение, абсцисс x в километрах. Затем циркулем-измерителем (линейкой, координатомером) измеряют расстояние по перпендикуляру от точки до этой координатной линии в метрах и прибавляют его к абсциссе x.

После этого определяют значение ординаты y этой точки, для чего находят по северной или южной стороне рамки карты и записывают значение ординаты y вертикальной координатной линии, образующей западную сторону квадрата, в котором находится точка. К полученной ординате y прибавляют расстояние в метрах, измеренное по перпендикуляру от точки до западной координатной линии.

На рисунке 113 приведен пример определения полных и сокращенных прямоугольных координат точки А.

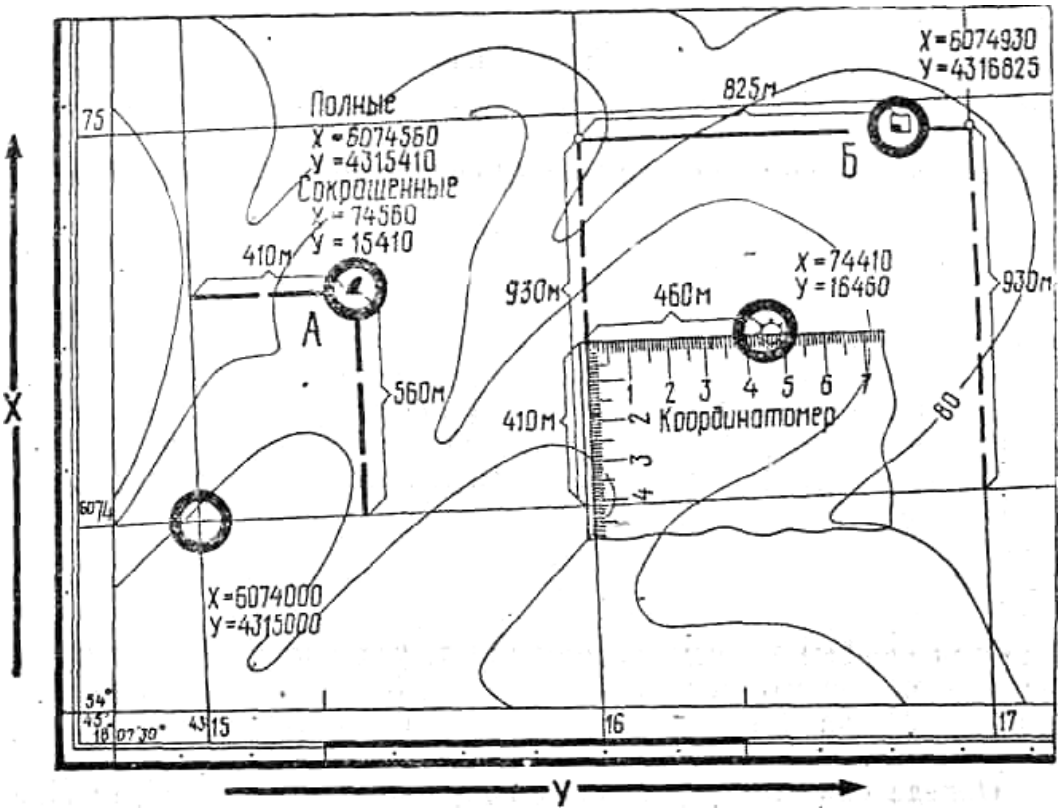


Рисунок 113 – Определение полных и сокращенных прямоугольных координат по карте

При работе с топографическими картами необходимо учитывать, что линии координатной сетки проведены на карте масштаба 1 :100000 через 2 км, а на карте масштаба Т : 200 000 – через 4 км. Поэтому значения координат x и y могут оказаться по абсолютной величине более 1 км (рисунок 113). В таком случае целое число километров суммируют со значениями координат x и y, а оставшиеся метры приписывают к ним справа (всегда три цифры). Если точка расположена около южной стороны рамки карты в неполном

квадрате (точка С), то расстояния в квадрате измеряют по оси Х от точки до горизонтальной координатной линий, образующей северную сторону квадрата, в котором находится точка, а по оси У – до восточной вертикальной линии этого квадрата. Полученные расстояния в метрах вычитают соответственно из значений абсциссы х и ординаты у этих линий. Точность определения координат зависит от масштаба карты и не превышает 0,2 мм в масштабе карты.

Нанесение на карту точек по прямоугольным координатам (рисунок 114). Прежде всего по координатам в километрах и оцифровкам километровых линий на карте находят квадрат, в котором расположена точка.

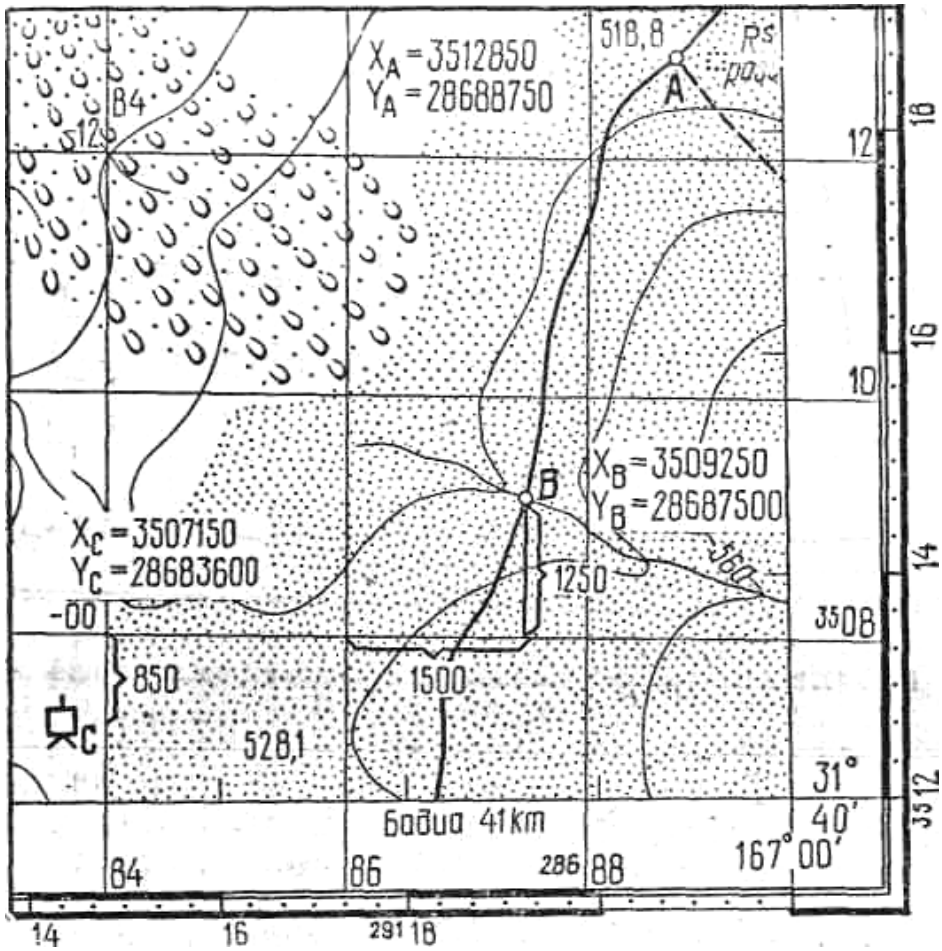


Рисунок 114 – Нанесение на карту точек по прямоугольным координатами

На картах масштабов 1 : 25 000 и; 1 : 50 000, где координатные линий проведены через 1 км, юго-западный (левый нижний) угол квадрата находят по оцифровкам координатных линий. На картах масштабов 1 : 100 000 и 1 : 200 000, где координатные линии проведены через несколько километров, значения координат х и у юго-западного угла квадрата должны быть всегда меньше координат точки в километрах.

Положение точки в квадрате определяют следующим образом. По западной и восточной сторонам квадрата от южной его стороны откладывают в масштабе карты значение абсциссы х, которое равно разности между абсцис-

сами точки и южной километровой линии квадрата. Полученные на вертикальных километровых линиях точки соединяют прямой линией. Таким же образом откладывают от западной стороны квадрата по северной и южной его сторонам значение ординаты у и полученные точки также соединяют прямой линией. В месте пересечения этих линий и будет положение точки.

Чтобы указать приближенно положение какой-либо точки на карте, достаточно назвать квадрат, координатной сетки, в котором она расположена. Вначале называют абсциссу х южной стороны квадрата, а затем ординату у его западной стороны. При работе на одном листе карты абсциссу и ординату указывают обычно двумя цифрами (десятками и единицами километров, которые даны крупными цифрами за внутренней рамкой карты). На склейке карт координаты х и у юго-западного угла квадрата указывают тремя цифрами (сотнями, десятками и единицами километров). Сотни километров даны мелкими цифрами в оцифровке ближайших к рамке листа карты координатных линий. При указании квадрата как по оси X, так и по оси Y тремя цифрами необходимо предварительно убедиться, что между координатной линией, где считывают сотни километров, и юго-западным углом квадрата, в котором расположена точка, не проходит координатная линия стокилометрового квадрата. В последнем случае сотни километров считывают в оцифровке этой линии.

Дополнительная километровая сетка на стыке координатных зон. В пределах одной координатной зоны километровые линии соседних листов карты строго совпадают и образуют единую координатную сетку. На стыке соседних зон километровые линии располагаются под некоторым углом друг к другу (рисунок 115), так как осевые меридианы смежных зон не параллельны между собой.

Если, например, определить координаты точки А по координатной сетке карты одной зоны, а координаты точки В по координатной сетке смежного листа, расположенного в другой зоне, то по этим координатам невозможно вычислить расстояние, между указанными точками, так как начало координат в каждой зоне разное. Поэтому на листах топографических карт расположенных в пределах 2° к востоку и западу от крайнего меридиана зоны, наносят дополнительную координатную сетку соседней (западной или восточной) зоны. Чтобы не затемнять карт двумя сетками, координатные линии дополнительной сетки полностью не вычерчивают, а обозначают короткими (2–3 мм) штрихами и подписывают за внешними (утолщенными) рамками листов карт.

Соединяя прямыми линиями одноименные выходы координатой сетки находящиеся на противоположных сторонах рамки, строят на листе карты дополнительную сетку. Порядок пользования ей такой же, как и основной сеткой.

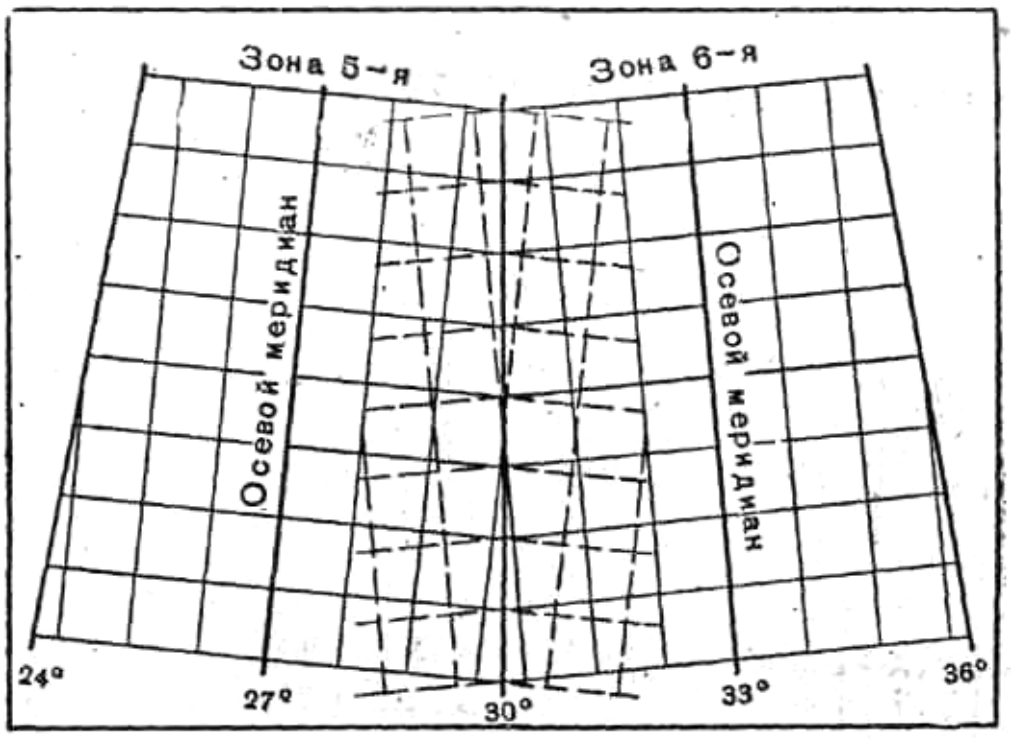


Рисунок 115 – Взаимное расположение километровых линий на стыке смежных зон.

6.10.4 Полярные и биполярные координаты

Задача определения положения точек местности, относительно какой-либо точки, принятой за начальную решается с помощью системы полярных координат (см. подраздел 6.10.1).

Полярные координаты – угол направления (угол положения) на определяемую точку, измеряемый по ходу часовой стрелки от полярной оси и расстояние (дальность) от полюса до этой точки однозначно определяют положение точки на плоскости относительно начала координат точки О (рисунок 116). Система полярных координат проста и может быть построена в любой точке местности, принятой за полюс. Углы и расстояния на местности, необходимые для определения местоположения объектов (целей) в этой системе при небольших расстояниях измеряют с помощью приборов наблюдения. Поэтому система плоских полярных координат широко применяется при засечке целей с одного наблюдательного пункта, целеуказании, ориентировании и т. п. При необходимости линейные и угловые измерения выполняют специальные дальномерами и угломерными приборами (устройствами). Полярной осью в этой системе координат может служить линия геодезического (астрономического) меридиана, магнитного меридиана, вертикальная линия координатной сетки на карте или принятое за начальной направление на удаленный ориентир на местности.

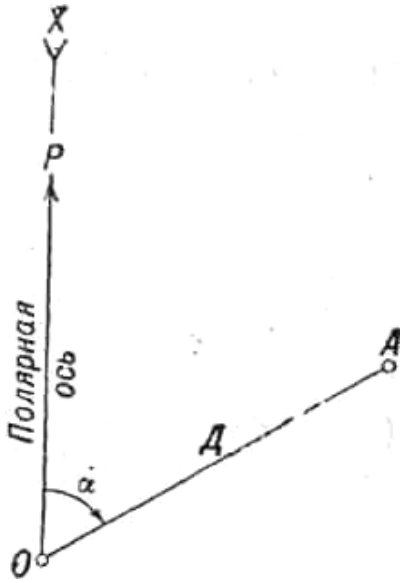


Рисунок 116 – Полярные координаты точки А: ά – дирекционный угол направления на точку А; Д – дальность до точки А

Полярные координаты точки на плоскости называются плоскими полярными координатами, а точки на референц-эллипсоиде – геодезическими полярными координатами. Положение точки на эллипсоиде относительно полюса определяется длиной геодезической линии S от полюса до определяемой точки и геодезическим азимутом А ее направления в точке, принятой за полюс. Геодезические полярные координаты определяют местоположение различных объектов, удаленных от полюса на значительное расстояние. Они широко применяются в различных видах топографических съемок.

Биполярные координаты. Рисунок 117 – это две линейные или угловые величины, которые определяют положение точки на местности или карте относительно двух точек (полюсов), принятых за наклонные. Биполярные координаты представляют собой разновидность полярных координат. Линейными величинами служат расстояния до определяемой точки оси полюсов, а угловые величины могут быть геодезические. Азимуты, магнитные азимуты, дирекционные углы, углы направлений которые измеряют от линии (базиса), соединяющей полюсы.

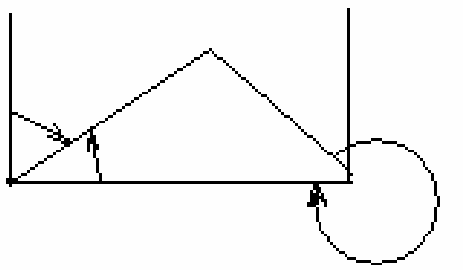


Рисунок 117 – Биполярные координаты точки

Биполярная система координат применяется при засечке проектных точек на местности, при определении границ земельных участков. Для более четкого определения местоположения точек указывают две угловые и две линейные величины.

6.10.5 Звездное небо

Небесная сфера. Звездное небо ночью из любой точки земной поверхности выглядит в виде полушара. Небесные светила удалены от Земли на огромные расстояния, поэтому наблюдателю кажется, что все они расположены на одной внутренней сферической поверхности этого полушара. Такая сферическая поверхность называется небесной сферой. Она имеет радиус произвольной длины, а центр ее находится в произвольной точке, в частности в точке наблюдения.

Воображаемая прямая линия, проходящая через центр небесной сферы параллельно оси вращения Земли, называется осью мира. Вокруг этой оси происходит видимое вращение небесной сферы с востока на запад, которое является следствием суточного вращения Земли вокруг своей оси **с** запада на восток.

Ось мира пересекает сферу в двух точках – Северном и Южном полюсах мира, являющихся неподвижными точками небесной сферы. Северный полюс мира Р находится вблизи Полярной звезды, а Южный Р1– около созвездия Октант. Чем ближе светило к Полюсу мира, тем меньше круг его суточного вращения.

Плоскость, проходящая через отвесную линию к поверхности Земли и ось мира, является плоскостью астрономического или истинного меридиана точки наблюдения, а след сечения этой плоскостью небесной сферы – астрономическим или истинным меридианом. Совершенно очевидно, что каждой точке на земной поверхности соответствует свой меридиан, а угол между направлениями на Полюс мира и на какой-либо предмет на земной поверхности является астрономическим азимутом. Способы определения азимута из астрономических наблюдений относятся к наиболее точным, так как расположение светил на небесной сфере и их видимое движение относительно сторон горизонта строго подчинено определенному закону движения небесных тел.

Созвездия. Для удобства ориентирования на звездном небе астрономы еще в глубокой древности разделили его на отдельные участки – созвездия (рисунок 118). В настоящее время насчитывается 88 созвездий. В Северном полушарии известны, например, созвездия Большая Медведица, Малая Медведица, Возничий, Орион, Лебедь, Лира, Кассиопея, а в Южном полушарии – Южный Крест, Большой Пес, Центавр и др.

Яркие звезды созвездий обозначаются буквами греческого алфавита, α некоторые из них, кроме того, имеют собственные имена, например Вега (а Лиры), Артур (α Волопаса), Полярная звезда (α Малой Медведицы).

Яркие звезды (их около 20) условились называть звездами 1-й величины, а наиболее слабые из доступных для наблюдения невооруженным глазом отнесены к звездам 6-й величины. Звезда Вега (созвездие Лиры) является самой яркой звездой северной, части небосвода. Она расположена вблизи Млечного Пути.

Небесные светила вращаются вокруг своей оси: и перемещаются в пространстве. Кроме собственного (истинного) движения светил имеет место видимое (кажущееся) для наблюдателя на Земле движение светил вследствие вращения Земли вокруг своей оси и вокруг Солнца. Годичный путь Земли, относительно Солнца называется эклиптикой. Чтобы безошибочно опознавать созвездия и отдельные звезды, надо изучить звездное небо. Вначале по карте звездного неба запоминают основные созвездия и их взаимное расположение. Легко опознается на небе созвездие Большой Медведицы, семь звезд которой составляют «ковш».

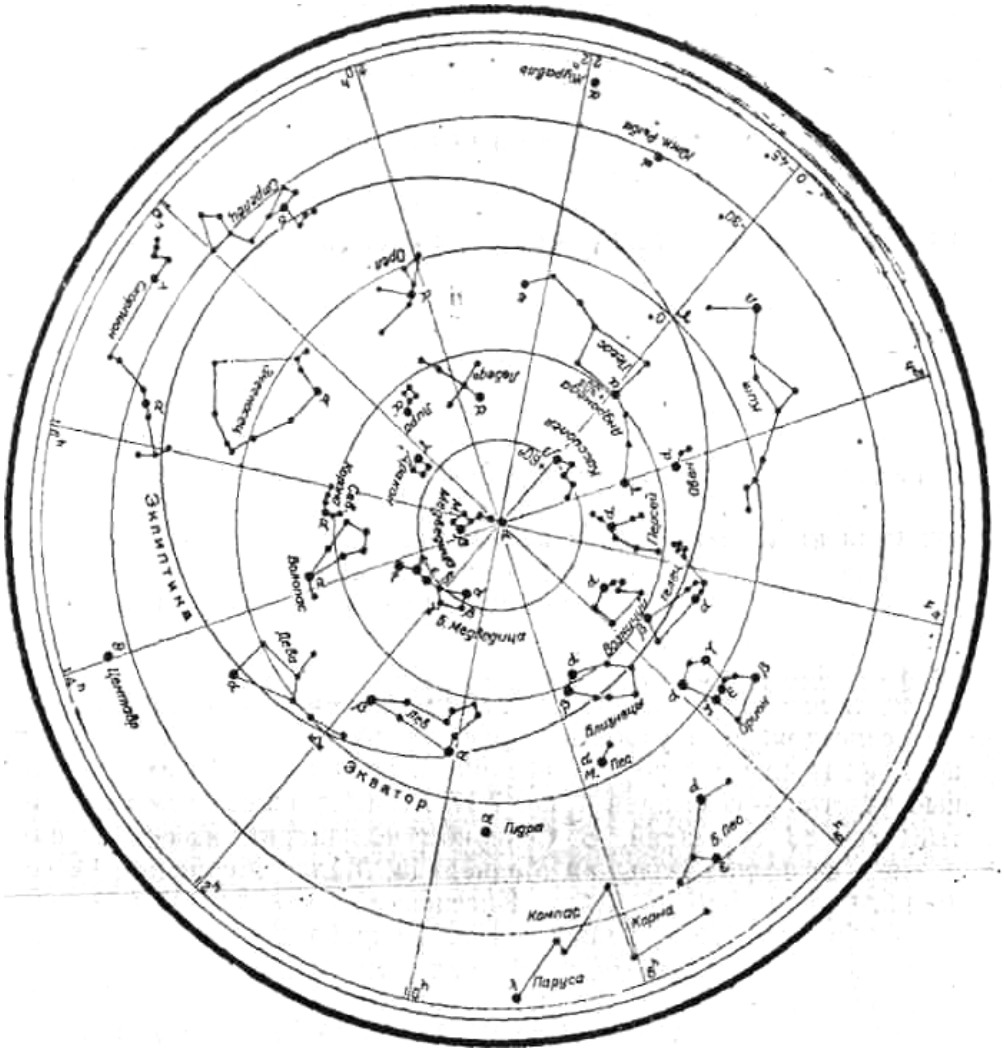


Рисунок 118 – Карта основных созвездий Северного полушария небесной сферы

Если продолжить ручку «ковша» Большой Медведицы и на этом отрезке отложить расстояние, равное примерно длине всего «ковша», можно опознать звезду а созвездия Волопаса (Артур). Продолжив таким же образом ручку «ковша» Малой Медведицы и отложив расстояние, равное примерно двум длинам «ковша», в конце отрезка легко найти звезду α Возничего (Капеллу).

Таким образом, пользуясь картой звездного неба, можно опознать и использовать для ориентирования на местности то или иное созвездие или выбрать звезду для определения астрономического азимута.

Полярная звезда. Полярная звезда – яркая звезда из созвездия Малой Медведицы. Среди других звезд для наблюдателя она кажется неподвижной из-за близкого расположения к Северному полюсу мира. Угловое расстояние этой звезды от полюса в 1978 г. равнялось 50'. Ежегодно уменьшаясь вследствие прецессии оси вращения Земли в мировом пространстве, около 2100 г. оно достигнет наименьшего значения – 28'

Полярная звезда широко используется при ориентировании и определении местоположения. По наблюдениям Полярной звезды определяют

склонение магнитной стрелки, поправки к показаниям буссолей, гирокомпасов и гиротеодолитов.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. В чем различие между географическими и прямоугольными координатами точки на земной поверхности?
2. На какое расстояние удалена точка А с координатами х – 6885 км, у = 4852 км от точки В с координатами х=6852 км, у=4852 км?
3. На каком расстоянии к востоку или западу от осевого меридиана зоны находятся точки, имеющие координаты:

$x_а$ =3 832 325, $y_а$ = 6 352 683;
$x_в$ =5 121 420, $y_в$ =8 621 350;
$x_с$ =4 835 740, $y_с$ =22 422 138?

4. С какой максимальной точностью можно определять прямоугольные и геодезические координаты объектов по топографическим картам разных масштабов с помощью циркуля-измерителя и поперечного масштаба?
5. Прямоугольные координаты точки А: х=3831 км,у =21 583 км. Определить географические координаты этой точки с точностью до 1°.
6. Прямоугольные координаты исходной точки А (полюса):ха – 3 538 342, уо=6 344 535. Определить прямоугольные координаты точки В, если ее полярные координаты: а=60° и S=9350
7. Прямоугольные координаты х= 4 821355 у=3 837 434, а цели х=4 715 120, у=3 820 225. Определить полярные координаты цели.

6.11 Аэрофотоснимки местности

6.11.1 Воздушное фотографирование и аэрофотоснимки

Сущность и задачи воздушного фотографирования. Воздушным фотографированием или аэрофотосъемкой называется фотографирование земной поверхности и расположенных на ней объектов с самолета или какого –либо другого летательного аппарата. Воздушное фотографирование производится специальными аэрофотоаппаратами (АФА). По своей конструкции АФА могут быть различными, но в принципе аппарат состоит из фотокамеры 2 (рисунок 119) и прибора 5, который предназначен для установки времени экспонирования, интервалов между двумя экспозициями и других данных фотографирования.

Современные АФА позволяют выполнять воздушное фотографирование во всем диапазоне высот и скоростей. Запас пленки в кассете рассчитан на получение 400 и более кадровых снимков. Форматы снимков зависят от типа АФА и могут достигать размеров 50Х50 см.

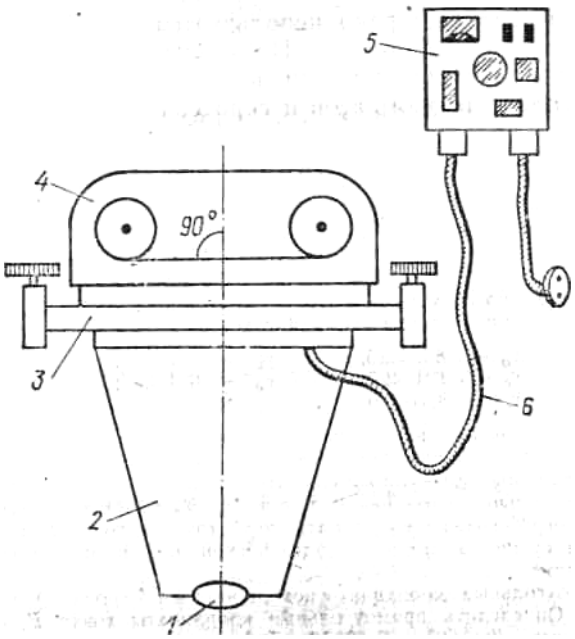


Рисунок 119 – Принципиальная схема устройства АФА: 1 – объектив; 2 – фотокамера; 3 – аэрофотоустановка; 4 – кассета; 5 – командный прибор; 6 – соединительный кабель

Все процессы воздушного фотографирования автоматизированы. При больших скоростях полета за время экспонирования происходит перемещение оптического изображения относительно пленки. В целях исключения смазывания изображения в АФА применяются специальные устройства. Время экспозиции в некоторых АФА автоматически регулируется в зависимости от освещенности местности, что ведет к повышению качества фотоизображения. Обработка пленки обычно проводится после посадки самолета, но может проводиться и непосредственно в полете.

Аэрофотоснимки, получаемые в результате воздушного фотографирования, имеют широкое применение для решения различных задач.

Одной из основных задач воздушного фотографирования является разведка местности, особенно ее изменение в сейсмических районах.

Сличение новых аэрофотоснимков со старыми дает возможность вскрывать все изменения, происходящие на местности.

С помощью аэрофотоснимков создают и обновляют топографические карты. По аэрофотоснимкам составляют различные фотодокументы и специальные кары которые используются для детального изучения местности. Воздушное фотографирование широко применяют для фотоконтроля. По аэрофотоснимкам можно, например, проверить результаты затопления местности.

Аэрофотоснимки можно также использовать для ориентирования на местности, выявления препятствий и путей их обхода. Аэрофотоснимки и топографическая карта используются в работе совместно. Сравнивая аэрофотоснимки с картой, можно выявить происшедшие на местности изменения: разрушенные населенные пункты, мосты, участки дорог, а также лесные за-

валы, участки затоплений и т. п. Особенно выгодно использовать аэрофотоснимки дополнительно к карте для изучения водных преград. По снимкам уточняют начертание береговой линии, выявляют наличие и характер бродов, островов, отмелей и других деталей, характеризующих речное русло и пойму у реки.

Воздушное фотографирование нашло широкое распространение во многих областях народного хозяйства. Оно явилось одним из средств изучения, природных ресурсов. Особенно ценными стали снимки, полученные из космоса. Фотографируя нашу планету с орбит искусственных спутников, можно получить информацию как о поверхности земной коры, так и о ее структуре, о процессах, происходящих в биосфере и атмосфере.

Широкому распространению воздушного фотографирования особенно из космоса, способствует исключительно быстрое получение фотоизображения обширных площадей земной поверхности. В качестве примера можно привести объем работы по фотографированию с борта космического корабля-спутника «Союз-22». За короткий срок было получено около 14 тысяч фотоснимков высокого качества, на которых в шести зонах спектра сфотографировано около 20 млн. км^2 земной поверхности.

6.11.2 Виды воздушного фотографирования и аэрофотоснимков

Воздушное фотографирование подразделяют на различные виды по следующим основным признакам: положению оптической оси АФА – на плановое и перспективное; типу АФА – на кадровое, щелевое, и панорамное; цвету изображения – на черно-белое, цветное и спектрозональное; времени суток – на дневное и ночное. В зависимости от вида фотографирования получают соответствующие виды аэрофотоснимков. Например, в результате планового фотографирования получают плановые аэрофотоснимки, при ночном фотографировании – ночные и т. д.

Плановое фотографирование имеет наиболее широкое распространение. Оно выполняется при таком положении АФА, когда его оптическая ось в момент экспонирования совпадает с отвесной линией или отклоняется от нее на небольшой угол, величина которого определяется в зависимости от назначения аэрофотосъемки. При небольшом уклонении оптической оси от отвесной линии масштаб планового аэрофотоснимка равнинной или слабохолмистой местности будет практически постоянным. Поэтому такой аэрофотоснимок можно рассматривать как фотографический план местности и производить на нем все измерения так же, как и на карте. Плановые аэрофотоснимки наиболее легко отождествляются с картой; они позволяют определять местоположение, конфигурацию и действительные размеры объектов и могут быть использованы для измерительных и картографических целей.

Перспективное фотографирование получается при наклонном положении оптической оси АФА. Обычно для перспективного фотографирования АФА устанавливают под углами 45, 60 или 75°. Масштаб перспективного аэрофотоснимка переменный: на переднем плане – крупный и постепенно

уменьшается к заднему плану. Перспективные аэрофотоснимки более наглядны и легче читаются, так как на них точки местности изображены в более привычном виде. Они применяются главным образом для изучения водных преград, гидротехнических сооружений, горных перевалов.

Однако на перспективных аэрофотоснимках хорошо читается только передний план, а задний план просматривается плохо. Кроме, того, не просматриваются пространства, закрытые различными местными предметами и складками рельефа. Как плановое, так и перспективное фотографирование по маршруту производится автоматически через определенные промежутки времени. При этом между соседними аэрофотоснимками получается определенное, заранее установленное продольное перекрытие изображения местности. Обычно его устанавливают на 20 %, а если аэрофотоснимки предназначаются для стереоскопического рассматривания, на 60 %. С одного маршрута полета можно производить двух-, трех- и четырех маршрутное фотографирование несколькими сблокированными АФА или одним аппаратом, установленным в качающейся фотоустановке. В таком случае получается несколько перекрывающихся между собой маршрутов аэрофотоснимков. Перекрытие между маршрутами, которое называют поперечным, обычно составляет 30 – 40 %. Схема трехмаршрутного фотографирования показана на рисунке 120.

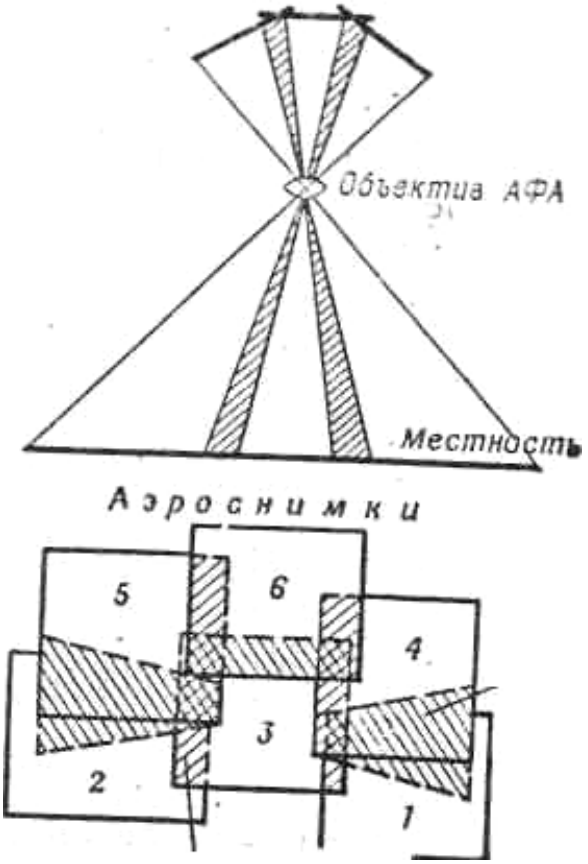


Рисунок 120 – Схема трёхмаршрутного фотографирования

Щелевое фотографирование в отличие от обычного (кадрового) фотографирования производится специальным (щелевым) АФА в котором происходит непрерывное экспонирование движущейся. Поперечное перекрытие

аэрофотопленки через неподвижную щель. Такое устройство позволяет производить непрерывное фотографирование местности и получать изображение в виде единой ленты без разделения на кадры. Скорость движения аэрофотопленки в щелевом АФА согласуется со скоростью движения передвигающегося изображения, благодаря чему выполняется условие неподвижности изображения относительно пленки и устраняется возможность появления сдвига изображения.

Синхронизация скорости движения аэрофотопленки со скоростью передвижения оптического изображения местности устанавливается автоматически.

Щелевое фотографирование может выполняться при таком положении щели, которое дает отклонение оптической оси от вертикали на 45° в плоскости полета (вперед или назад). В результате получаются аксонометрические аэрофотоснимки, на которых объекты просматриваются сверху и с одной из боковых сторон. Измерительные свойства аксонометрических аэрофотоснимков отличаются от плановых небольшим расхождением в продольном и поперечном масштабах (до 15 %). Щелевое фотографирование может; успешно применяться при слабой освещенности местности, например в сумерках, а также при съемке на больших скоростях с малых высот.

Панорамное фотографирование производится специальным (панорамным) аэрофотоаппаратом, у которого во время экспонирования пленки объектив поворачивается в плоскости, перпендикулярной к направлению полета. Пленка в панорамном АФА прилегает к цилиндрической поверхности, и экспонирование ее происходит через перемещающуюся щель (рисунок 121). Панорамное фотографирование обеспечивает большой по ширине захват фотографируемой местности (от горизонта до горизонта). На панорамных аэрофотоснимках в центральной части получается плановое изображение местности, а по краям – перспективное. Цветное фотографирование производится на пленку, состоящую из трех эмульсионных совмещенных слоев. При съемке на каждый слой действуют лучи определенной части спектра (синей, зеленой, красной). Сочетание трех основных цветов дает любой цветовой оттенок. В результате получается фотография, на которой воспроизводятся объекты в натуральном цвете.

Спектральное фотографирование выполняется одновременно в нескольких зонах спектра. Оно производится одним АФА на фотоплёнку, имеющую два или более эмульсионных слоя, каждый из которых чувствителен к определенной зоне спектра. Ее также можно вести двумя или более сблокированными АФА на чёрно-белые фотопленки чувствительные к изображению в различных зонах спектра. Экспонирование в этом случае производится одновременно во всех АФА. Таким путем обеспечивается изготовление комплектов сопоставимых аэрофотоснимков, содержащих наибольшую информацию о местности и объектах, расположенных на ней. Особенно характерным получается изображение объектов в инфракрасных лучах. Оно в значительной степени отличается от изображения, воспринимаемого при

дневном свете. Изменение контраста, по длинам волн широко используется для выявления слабо опознавательных точек.

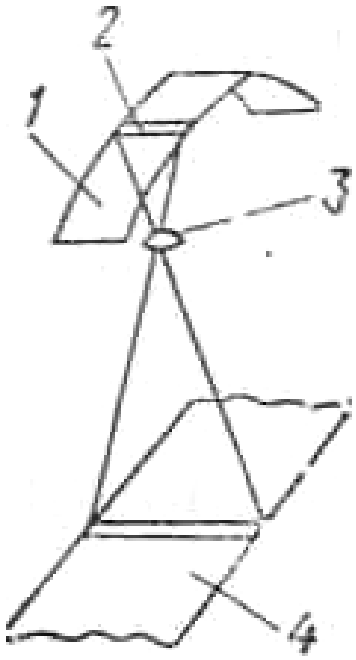


Рисунок 121 – Схема фотографирования панорамным АФА: 1 – аэропленка; 2 – щель; 3 – объектив; 4 – участок фотографируемой площади.

Следует также отметить важнейшее достоинство теплового инфракрасного диапазона – возможность видения как днем, так и ночью.

Несмотря на очевидное преимущество цветных и спектрозональных аэрофотоснимков по сравнению с черно-белыми, их использование пока ограничено из-за длительности процессов фотолабораторной обработки, ведущей к существенным задержкам информации.

Ночное фотографирование выполняется при искусственном освещении местности или электрических самолетных осветительных установок (СОУ). Ночные аэрофотоснимки, полученные при освещении, отличаются от дневных тем, что яркость фотоизображения на ночных снимках может быть неравномерной, а тени от возвышающихся предметов будут направлены в разные стороны. При освещении с помощью СОУ тени от возвышающихся предметов на плановых аэрофотоснимках отсутствуют.

Всепогодным средством воздушной разведки является в настоящее время специальная радиолокационная аппаратура бокового обзора, позволяющая получать радиолокационное изображение местности в любое время суток и в любую погоду. Для получения изображения земной поверхности в этой аппаратуре применяется индикаторная электронно-лучевая трубка с малым послесвечением, формирующая только одну линию развертки. С помощью оптической системы эта развертка проектируется на фотопленку, имеющую механизм протяжки, перемещающий пленку со скоростью, про-

порциональной скорости самолета. В результате на фотопленке получается непрерывное (без разделения на кадры) радиолокационное изображение полосы местности по направлению полета.

По качеству радиолокационное изображение уступает изображению местности на аэрофотоснимках, полученных с помощью АФА. К тому же оно имеет специфические искажения, выражающиеся в разномасштабное изображения по различным направлениям. Однако радиолокационное изображение, как и аэрофотоснимок, можно привязать к карте, перенести на него опознанные объекты и определить их координаты.

Изобразительные свойства аэрофотоснимков. Основным критерием изобразительных свойств аэрофотоснимков является разрешающая способность фотографического изображения, то есть способность передавать раздельно детали изображаемого объекта. Она выражается числом линий или штрихов, изображаемых раздельно на ширине 1 мм. Разрешающая способность фотоизображения R зависит в основном от разрешающей способности объектива АФА $R_{об}$ и разрешающей способности фотопленки $R_{пл}$. Она определяется по формуле

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_{ob}} + \frac{1}{R_{p1}}. \qquad (78)$$

Изобразительные свойства аэрофотоснимка неодинаковы по всему полю изображения: в центре они наилучшие, к краям аэрофотоснимка ухудшаются. Современные объективы, фотопленка и фотобумага: позволяют получать аэрофотоснимки с разрешающей способностью около 50 лин/мм в центре и 20 лин/мм на краях. При таких данных минимальные линейные размеры деталей объектов, различимых на аэрофотоснимке масштаба 1 : 10 000, составляют 0,2 м в центре снимка (1/50мм 10 000) и 0,5 м на краях. Практически на аэрофотоснимке минимальные размеры объекта, который можно не только различить, но и опознать (отдешифрировать), составляет примерно 0,1 – 0,2 мм, что в масштабе 1 : 10 000 соответствует 1 – 2 м.

Высокая разрешающая способность фотоизображения позволяет увеличивать кадры, полученные при воздушном фотографировании с больших высот, когда детали местности изображаются в очень мелких масштабах.

Изобразительные свойства аэрофотоснимков зависят от разрешающей способности и качества фотографического изображения: контрастности, тональности, цветового воспроизведения и т. д. Для улучшения качества фотоизображения применяют соответствующие светофильтры, фотоэкспонометры и другие устройства.

6.11.3 Аэрофотоснимки как измерительные документы

Воздушное фотографирование, выполняемое в целях изучения местности, называется аэрофото. Аэрофоторазведка дает возможность получать более объективные данные по сравнению с наземной и воздушной визуальными наблюдениями аэрофотоснимки как документы обладают рядом досто-

инств, основными из которых являются объективность, свежесть, подробность и точность отображения объектов местности.

Объективность аэрофотоснимков заключается в том, что местность на них изображается документально на соответствующий момент съемки; они совершенно свободны от субъективного впечатления наблюдателя.

Аэрофотоснимки содержат свежие данные о местности и расположенных на ней объектах, так как промежуток времени от начала фотографирования до получения аэрофотоснимков составляет 2 – 3 ч, а при фотохимической обработке аэрофотопленки в полете исчисляется в минутах. Это дает возможность в короткие сроки получить самые свежие данные о местности.

Местность на аэрофотоснимках изображается со всеми подробностями и деталями, которые на топографических картах бывают обобщены или вовсе не показаны. На них также подробно будут изображены все расположенные на местности сооружения.

Аэрофотоснимки дают точную наглядную картину взаимного расположения сооружений и местности. Они сопоставимы с картой, поэтому по ней можно определить точное местоположение обнаруженных на аэрофотоснимках сооружений.

Аэрофотоснимки как измерительные документы широко используют при составлении и обновлении карт, составлении фотодокументов и специальных карт, а также для топогеодезической привязки. По плановым аэрофотоснимкам можно измерять расстояния, площади, углы. Если перенести с карты на аэрофотоснимок километровую сетку, то по нему можно определять координаты точек.

Большая подробность изображения сооружений местности на аэрофотоснимках позволяет использовать в качестве ориентиров такие местные предметы, как контуры сельскохозяйственных угодий, и другие мелкие и временные объекты, которые не изображаются на картах, но отчетливо выделяются на аэрофотоснимках. Вместе с тем ориентиры, возвышающиеся над окружающей местностью (заводские трубы, курганы и др.), четко изображаются на карте внемасштабными условными знаками, а на снимках они не выделяются и их очень трудно прочитать.

Изображение местности на аэрофотоснимках свежее и детальнее, чем на топографической карте, но они не обладают теми качествами, которые присущи карте. На них нет подписей названий населенных пунктов, рек, урочищ; нет горизонталей, с помощью которых на карте математически точно передаются количественные характеристики всех форм рельефа. Все это вынуждает использовать аэрофотоснимки совместно с картой, часто в дополнение к ней.

6.11.4 Геометрическая сущность и масштабы воздушного фотографирования

Геометрическая сущность воздушного фотографирования состоит в центральной проекции. Центр объектива S (рисунок 122) аэрофотоаппарата

является центром проекции, а плоскость Р аэрофотоснимка – плоскостью проекции. Прямая Оо, проходящая через центр объектива перпендикулярно к плоскости аэрофотоснимка, называется оптической осью аэрофотоаппарата. Точка пересечения оптической оси с плоскостью снимка (точка о) называется главной точкой аэрофотоснимка. Расстояние So от центра объектива до плоскости аэрофотоснимка, называется фокусным расстоянием аэрофотоаппарата и обозначается буквой f. Расстояние SO от центра объектива до земной поверхности называется высотой съемки (фотографирования) и обозначается буквой Н.

Таким образом, местность изображается на аэрофотоснимках в центральной проекции. В этом состоит коренное геометрическое отличие аэрофотоснимка от топографической карты.

Искажения на аэрофотоснимках фотографическое изображение местности на аэрофотоснимке получается в той или иной степени искаженным. Искажения вызываются наличием рельефа земной поверхности, а также отклонением оптической оси аэрофотоаппарата от отвесной линии, в результате чего получается наклон аэрофотоснимка относительно горизонтальной поверхности. В зависимости от этого различают на аэрофотоснимках искажения за рельеф и искажения за наклон аэрофотоснимков.

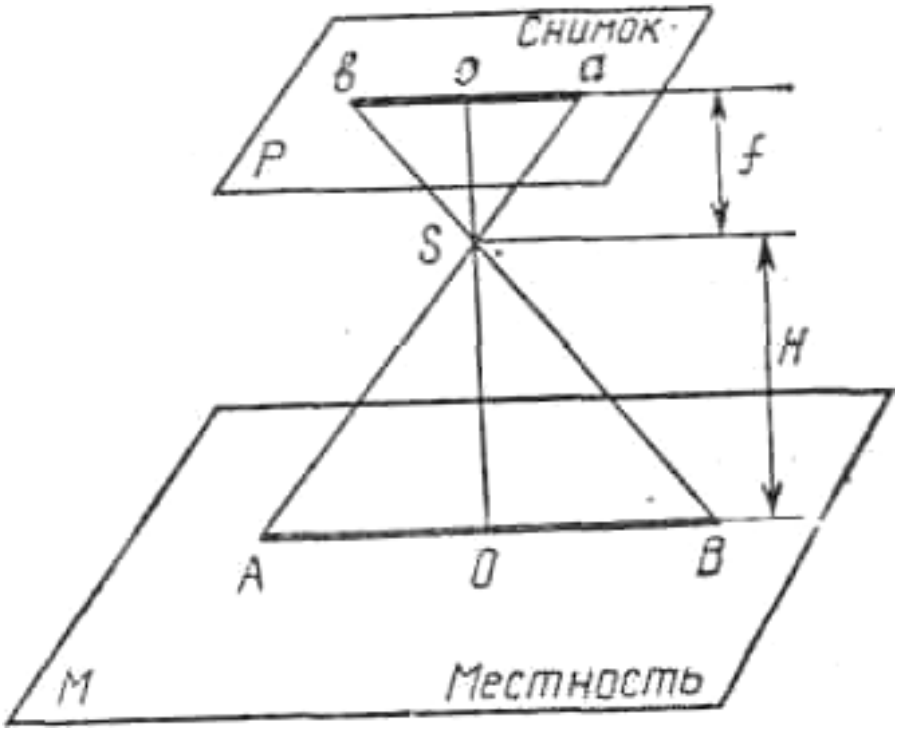


Рисунок 122 – Геометрическая сущность воздушного фотографирования

Искажения за рельеф имеются на плановых перспективных аэрофотоснимках, так как они присущи центральной проекции. Точка А (рисунок 123,*а*) местности изобразится на аэрофотоснимке в точке а, а точка В, находящаяся на вершине возвышенности, — в точке b. Горизонтальной проекци-

ей точки В является точка, которая при отсутствии возвышенности изобразилась бы на, аэрофотоснимке в точке b". Отрезок bb' представляет собой искажение за рельеф. Характер искажений за рельеф показан на изображении сетки квадратов. В результате влияния рельефа левая сторона центрального квадрата получилась не прямой, а выпуклой в сторону от центра снимка. Искажение будет тем значительнее, чем больше относительное превышение точки и дальше отстоит изображение этой точки от центра аэрофотоснимка. По этой причине на аэрофотоснимках горных и сильно холмистых районов конфигурация местных предметов получается искаженной. По таким аэрофотоснимкам расстояния и площади можно измерять приближенно.

Искажения за наклон аэрофотоснимка вызывают перспективность изображения местности. Величина смещения точек из-за наклона аэрофотоснимка зависит от угла α (рисунок 123,*б*) отклонения оптической оси АФА от отвесной линии, его фокусного расстояния и расстояния от центра снимка до определяемой точки.

Из-за искажений равные на местности расстояния АО и ОВ изображаются на аэрофотоснимке неравными отрезкам ао и ob. Отрезки, соответствующие равным расстояниям на местности, уменьшаются в сторону наклона аэрофотоснимка. В данном случае отрезок об значительно меньше отрезка ао. Характер искажений за отклонение оптической оси от отвесной линии представлен на правой части (рисунок 123,*а*), где показано изображение сетки одинаковых квадратов на наклонном аэрофотоснимке.

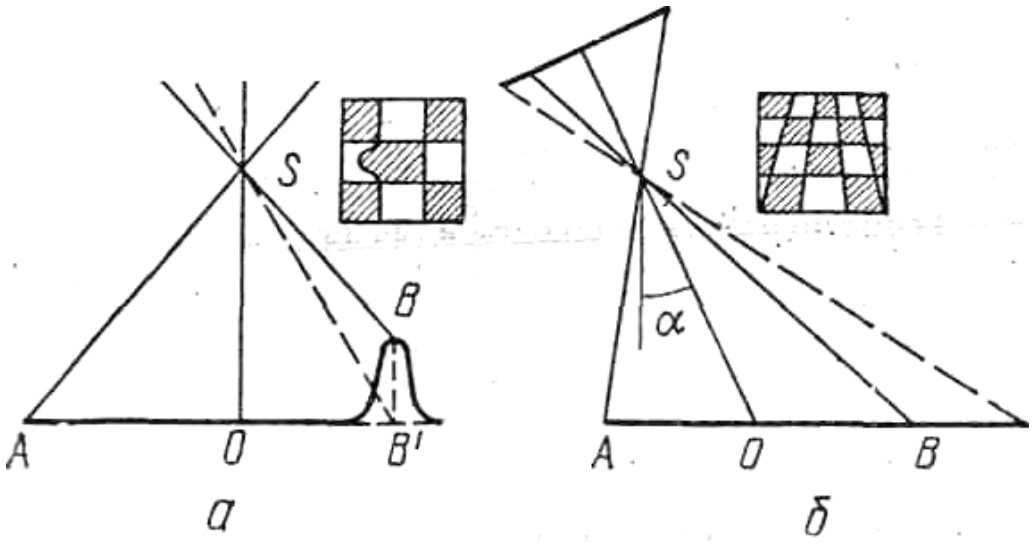


Рисунок 123 – Искажения на аэрофотоснимках: *а* – за рельеф; *б* – за наклон аэрофотоснимка.

Искажения за рельеф и наклон аэрофотоснимков действуют совместно. На плановых аэрофотоснимках горной местности преобладают искажения за рельеф. На аэрофотоснимках равнинно-холмистой местности преобладают искажения за наклон аэрофотоснимков. Максимальные ошибки, как за рельеф, так и за наклон у краев аэрофотоснимка.

Масштабы воздушного фотографирования. При центральном проектировании постоянство масштаба будет соблюдаться только при условии параллельности плоскостей Р и М и отвесном положении оси Оо.

$$\frac{1}{m} = \frac{ab}{AB} = \frac{So}{SO} = \frac{f}{H} \qquad (79)$$

Масштаб перспективного аэрофотоснимка переменный: от наиболее крупного на переднем плане постепенно уменьшается к заднему плану. При постановке задач на перспективное фотографирование масштаб фотографирования указывают по главной горизонтали hh (рисунок 124), определяется он по формуле

$$\frac{1}{m} = \frac{f}{h}\mathrm{Cos}(\alpha), \qquad (80)$$

где f – фокусное расстояние АФА;

Н – высота съемки;

α – угол отклонения оптической оси от отвесной линии.

Таким образом, масштаб воздушного фотографирования зависит не только от высоты съемки, но и от фокусного расстояния АФА. Чем больше фокусное расстояние, тем в более крупном масштабе можно выполнить фотографирование с данной высоты полета.

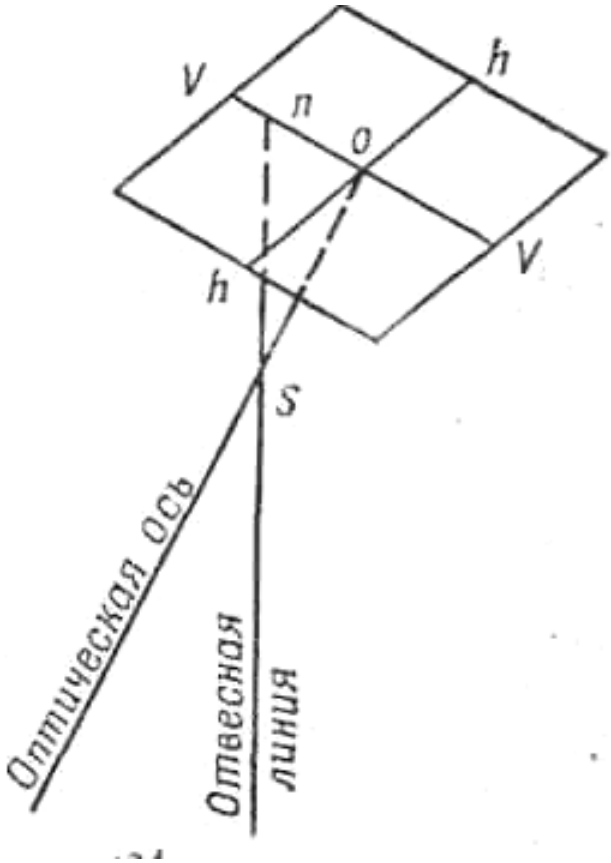


Рисунок 124 – Основные точки и линии на перспективном аэрофотоснимке: о – главная точка; n–точка надира; w – главная вертикаль; hh– главная горизонталь

Масштаб воздушного фотографирования выбирают в зависимости от требуемой подробности данных местности. Чем крупнее масштаб фотографирования, тем больше подробностей можно выявить по аэрофотоснимкам. Однако при укрупнении масштаба фотографирования увеличивается количество аэрофотоснимков и удлиняются сроки их обработки, что ведет к задержке информации. Например, увеличение масштаба фотографирования в 2 раза приведет к увеличению количества аэрофотоснимков того же формата в 4 раза, следовательно, времени на их обработку потребуется больше. Примерные масштабы фотографирования различных объектов в целях изучения местности следующие:

малоразмерные сооружения .....1 : 2 000-1 : 6 000;

отдельные участки местности.....1 : 8 000-1 : 12 000;

естественные участки (водные преграды, горные, заливы и т.п.) 1 : 10 000 – 1 : 15 000.

6.11.5 Фотодокументы

К основным фотодокументам относятся аэрофотоснимок, с координатной сеткой, фотосхема, фотоплан и фотокарта.

Аэрофотоснимок предназначен для изучения местности, ориентирования на ней, определения расстояний и координат, исправления карт и составления по ним графических документов. Аэрофотоснимки изготовляют на наиболее важные районы, участки застройки крупные водные препятствия узлы коммуникаций. Они могут доводиться в дешифрированном виде. Результаты дешифрирования наносят на аэрофотоснимки условными знаками.

Местные предметы на аэрофотоснимках условными знаками не вычерчивают, а только подписывают отдельные населенные пункты и крупные реки.

Для выполнения точных измерений по аэрофотоснимкам их приводят к одному заданному масштабу с помощью специальных оптических приборов – фототрансформаторов. Такие аэрофотоснимки называют трансформированными. По трансформированным аэрофотоснимкам составляют фотопланы и фотокарты.

Фотосхема – фотодокумент, смонтированный из аэрофотоснимков по общим контурам в единую картину местности. Фотосхемы изготовляют на отдельные районы местности, аэродромы, железнодорожные узлы и другие объекты значительных размеров.

Фотосхемы из перспективных аэрофотоснимков составляют путем совмещения фотоизображений местных предметов на переднем плане, размещая снимки так, чтобы их главные горизонтали лежали на одной линии. При привязке фотосхемы к карте наносят только линию переднего края и боковые стороны.

Фотоплан в отличие от фотосхемы изготовляется из трансформированных, то есть приведенных к одному масштабу и исправленных за перспективность аэрофотоснимков. Фотопланы составляют в масштабах

1 : 10 000 – 1 : 50 000 на отдельные наиболее важные районы, не обеспеченные крупномасштабными картами. Монтируют фотопланы обычно в рамках листов карт соответствующего масштаба. На фотоплан наносят координатную сетку и подписывают названия населенных пунктов, рек и других объектов. Фотоплан используется главным образом как измерительный документ. Фотоплан, на котором топографическими условными знаками показаны основные элементы местности, в том числе рельеф, называется фотокартой.

6.11.6 Измерения на аэрофотоснимках

Подготовка аэрофотоснимков. Вместе с аэрофотоснимками (фотосхемами) потребители как правило, получают все необходимые сведения о фотографировании: тип АФА и его фокусное расстояние, дату, время и масштаб фотографирования, местоположения залета и др. Некоторые из них (время фотографирования, фокусное расстояние, а также номера снимков) фиксируются на углах аэрофотоснимков. Если не указаны местоположение залета и масштаб фотографирования, необходимо привязать аэрофотоснимки к карте и определить их масштаб.

Привязка аэрофотоснимков к карте заключается в отождествлении объектов местности, изображенных на карте и аэрофотоснимках, и нанесении на карте границ сфотографированного участка. Для этого из аэрофотоснимков делают накидной монтаж, опознают на них наиболее крупный объект (город, реку, озеро, шоссейную или железную дорогу) и отыскивают его на карте. Затем, детально сличая карту с аэрофотоснимками, находят на ней все объекты, расположенные на границах маршрута, и очерчивают на карте участок, изображенный на снимках.

Масштаб планового аэрофотоснимка (фотосхемы, составленной из плановых аэрофотоснимков) определяют обычно по карте. На аэрофотоснимке выбирают две резко выраженные контурные точки (углы угодий, перекрестки дорог и т. п.), изображение которых имеется также на карте. При этом руководствуются следующим: отрезок прямой, соединяющей эти точки, должен проходить через середину аэрофотоснимка, а длина его должна быть возможно большей. Затем, измеряют на аэрофотоснимке длину этого отрезка и по карте определяют расстояние, соответствующее отрезку на местности. Разделив расстояние на местности, измеренное по карте, на длину соответствующего ему отрезка на аэрофотоснимке, получают знаменатель численного масштаба.

Пример.1 Точкам a и b на аэрофотоснимке соответствуют точки A и B на карте. Расстояние AB на местности, измеренное по карте, равно 1450 м, а длина отрезка ab на аэрофотоснимке – 6 см. Определить масштаб аэрофотоснимка.

Решение.

$$m = \frac{AB}{ab} = \frac{150}{6} = \frac{145000}{6} = 24167$$

Следовательно, масштаб аэрофотоснимка равен 1 : 241,67 или округленно 242м в 1 см.

Для большей точности и контроля следует .определить масштаб аэрофотоснимка дважды (по двум взаимно пересекающимся линиям) и взять среднее значение.

Нанесение на аэрофотоснимок линии магнитного меридиана. Для ориентирования аэрофотоснимков, особенно при работе с ними на местности, нужно знать направление магнитного меридиана. Его можно, нанести на аэрофотоснимок по карте или на местности с помощью компаса, а также. по направлению на снимке теней от высоких предметов.

По карте. На аэрофотоснимке и карте отыскивают две общие точки и через них прочерчивают прямые линии. Затем накладывают, аэрофотоснимок на карту, так, чтобы эти линии совпали по направлению и всё точки снимка расположились по отношению к прочерченной линии с тех же сторон, с каких, они изображены на карте. Удерживая аэрофотоснимок в таком положении, прочерчивают на нем одну из пересекающих его вертикальных, линий координатной сетки, карты. Чтобы получить на снимке направление магнитного меридиана, надо прочертить на нем прямую, образующую с координатной линией угол, равный поправке направления, указанной на карте. Если поправка имеет знак плюс, линия (направление магнитного меридиана) должна быть отклонена вправо от северного конца координатной линии, если поправка отрицательная влево от него.

С помощью компаса. Аэрофотоснимок ориентируют по линии местности, как это делается при ориентировании карты. Затем, установив компас на ориентированный аэрофотоснимок, отмечают на снимке точками положения концов магнитной стрелки и проводят через полученные точки прямую линию – направление магнитного меридиана. Концы этой линии обозначают соответственно буквами С и Ю.

По тени и времени фотографирования. На аэрофотоснимке опознают тень от какого-либо предмета (дерева, башни) и по направлению тени прочерчивают линию, от которой откладывают транспортиром угол α, вычисленный по формуле

$$\alpha = 15(13-t)+\delta, \qquad (81)$$

где t – время фотографирования в часах;

δ – склонение магнитной стрелки в градусах.

При положительном значении а угол откладывают вправо от направления тени, при отрицательном – влево.

Этот способ ориентирования аэрофотоснимков приближенный, и им пользуются только при привязке снимков к карте.

Определение, расстояний и размеров объектов по аэрофотоснимкам. Расстояние между точками на аэрофотоснимках измеряют, как и по карте, с, помощью циркуля и линейки с миллиметровыми делениями, производя отсчеты с точностью до 1мм.

Для измерения расстояния между точками, расположенными на двух соседних аэрофотоснимках, поступают следующим образом. Накладывают

аэрофотоснимки один на другой так, чтобы общие контурные точки на их перекрывающихся частях совместились. Затем, не меняя положения аэрофотоснимков, измеряют по линейке требуемое расстояние.

Если масштабы соседних аэрофотоснимков отличаются один от другого, то расстояние измеряют по частям: от начальной точки до середины перекрытия на первом снимке и от середины перекрытия до конечной точки на втором снимке.

Размеры фотоизображений объектов на аэрофотоснимке определяют с помощью циркуля и линейки или поперечного масштаба. При дешифрировании мелких объектов их размеры в аэрофотоснимках измеряют с возможно большей точностью пользуясь измерительной лупой из набора дешифровочных луп НДЛ-2.

Действительные расстояния между точками и размеры объектов по их фотоизображениям определяют по формуле

$$L = \frac{l_m}{1000}, \qquad (82)$$

где L – линейный размер объекта в натуре, м;

l – линейный размер объекта изображения на аэрофотоснимке, мм;

m – знаменатель масштаба аэрофотоснимка.

Линейный размер объекта можно определить также путем сравнения размера его фотоизображения с размером фотоизображения на том же аэрофотоснимке другого объекта, величина которого известна.

6.11.7 Стереоскопическое рассматривание аэрофотоснимков

По двум аэрофотоснимкам одной и той же местности, снятой с двух точек, можно получить стереоскопический эффект – объемное изображение сфотографированной местности. Стереоскопический эффект возникает при одновременном рассматривании пары перекрывающихся аэрофотоснимков раздельно двумя глазами: левого снимка – левым глазом, а правого – правым.

Продольное перекрытие аэрофотоснимков не менее 50 % обеспечивает стереоскопическое рассматривание их в пределах всего сфотографированного маршрута.

Прибор, позволяющий по двум снимкам, составляющим стереопару, получить объемное изображение, снятой местности, называется стереоскопом. Стереоскоп обеспечивает разделение зрения левого и правого глаза, а также увеличение фотоизображения. Для дешифрирования аэрофотоснимков применяют различные стереоскопы, один из которых показан на рисунке 125.

Стереоскоп для рассматривания стереопары устанавливают следующим образом. Два снимка стереопары накладывают один на другой перекрывающимися частями, совмещая при этом идентичные (соответствующие) объекты.

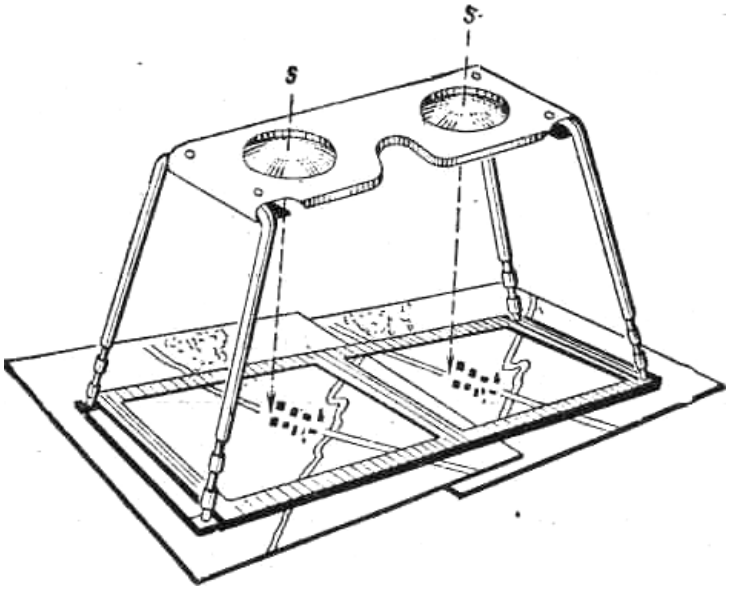


Рисунок 125 – Стереоскоп

Затем укладывают стереопару под стереоскоп и сохраняя взаимное ориентирование снимков, раздвигают их вправо и влево на удаление между идентичными точками порядка 12 см. Одновременно смотрят в стереоскоп обоими глазами. Вначале, как правило, будут раздельно видны элементы правого и левого снимков. По мере перемещения снимков идентичные объекты будут сближаться, наконец, сольются и изображение превратится из плоского в объемное, то есть стереоскопическое. Точная подстройка обычно производится незначительными перемещениями лишь одного аэрофотоснимка.

Правильно установленная стереопара, закрепленная грузиками или кнопками, позволяет рассматривать различные ее части путем перемещения стереоскопа. При этом ориентировка стереоскопа относительно положения стереопары должна сохраняться, иначе стереоскопический эффект нарушится.

6.11.8 Перенос объектов с аэрофотоснимков на карту

Если не требуется большой точности, а карта и снимок имеют много общих контуров, объекты с планового аэрофотоснимка на карту переносят глазомерно, а в других случаях – с помощью пропорционального циркуля или пропорционального масштаба.

Пропорциональный циркуль (рисунок 126) предназначен для уменьшения или увеличения измеренных расстояний. Циркуль устанавливают передвижением ползунка вдоль ножек в сложенном виде путем подбора коэффициента уменьшения, а при известном уменьшении – по индексам.

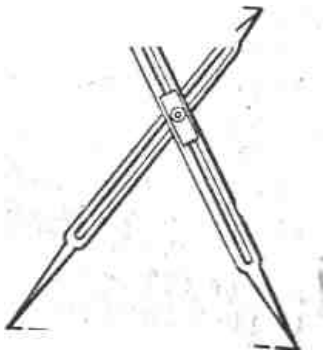


Рисунок 126 – Пропорциональный циркуль

При отсутствии пропорционального циркуля используют, пропорциональный масштаб (рисунок 127). Для построения пропорционального масштаба выбирают на аэрофотоснимке и карте две общие точки, измеряют на аэрофотоснимке расстояние между ними (АВ), и откладывают его на бумаге. Этот же отрезок; измеряют на карте и откладывают от точки В в направлении, перпендикулярном к линии АВ. Полученную точку В соединяют прямой с точкой А и проводят линии, параллельные ВВ'.

От размеров, получаемых на: аэрофотоснимке, к размерам на карте переходят следующим образом. На аэрофотоснимке измеряют требуемый отрезок АС и откладывают его от точки А вдоль линии АВ. В полученной точке С поворачивают циркуль параллельно линии ВВ' и уменьшают его раствор до касания с линией АВ', Отрезок СС будет соответствовать расстоянию на карте.

Для переноса объектов с аэрофотоснимка на карту применяют способ промера, прямую засечку или способ соответственных сеток, построенных на аэрофотоснимке и карте.

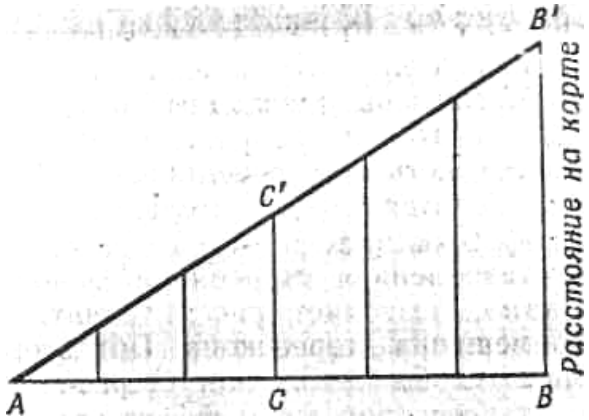


Рисунок 127 – Пропорциональный масштаб

Способ промера целесообразно применять, когда объект расположен около линейного объекта местности (дороги, просеки и т. п.). В этом случае измеренное на аэрофотоснимке расстояние вдоль линии откладывают на карте в соответствующем масштабе.

В общем случае (рисунок 128) на аэрофотоснимке и карте в районе переносимого объекта опознают три общие точки (а, в, с и А, В, С) и две из них соединяют прямой (ас на снимке и АС на карте).

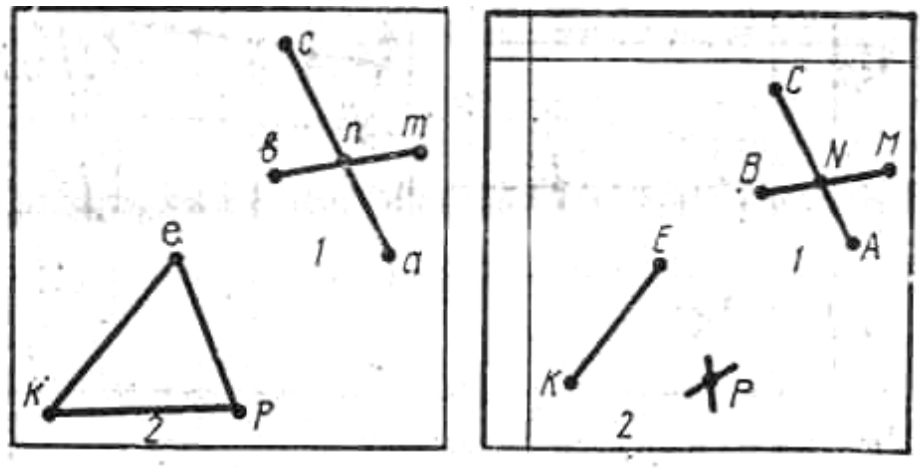


Рисунок 128 – Перенос объектов с аэрофотоснимка на карту: 1 – способом промера; 2 – способом засечки

Третью точку В на снимке соединяют с точкой m (объектом). Если прямая вm не пересеклась с линией ас, продолжают ее до пересечения в точке n. От точки а или с на снимке измеряют расстояние до точки пересечения, откладывают его в масштабе карты от соответствующей точки (А или С) и получают на карте точку N. Затем измеряют на снимке расстояние от точки л до точки m, откладывают его в масштабе карты от точки N и получают местоположение цели (М).

Способ засечки заключается в следующем. Для переноса объекта р на аэрофотоснимке выбирают две точки (к, е), имеющиеся на карте (К, Е). Измеряют на: снимке отрезки кр и ер и на карте из соответствующих точек К и Е проводят дуги радиусами, равными этим отрезкам в масштабе карты. Точка, пересечения дуг (Р) даст положение объекта на карте. Для контроля засечку производят с третьей точки.

Способ соответственных сеток применяют в том случае, когда требуется перенести много объектов, а аэрофотоснимок и карта имеют мало общих контуров. На снимке и карте выбирают по три-четыре общих точки и соединяют их прямыми. Каждую сторону полученных подобных фигур делят на равное число частей и соответствующие точки, соединяют линиями. Таким образом на аэрофотоснимке и карте будут построены сетки желаемой густоты, по клеткам которых, переносят объекты.

С перспективного аэрофотоснимка на карту объекты переносят глазомерно или способом пересечения линий, который заключается в следующем. Через точку объекта на аэрофотоснимке проводят две пересекающиеся линии так, чтобы каждая из них проходила через две контурные точки, имеющиеся на снимке и карте. Угол пересечения линий должен быть не менее 20°.Соединив прямыми линиями соответствующие точки на карте, получают в месте их пересечения местоположение объекта.

6.11.9 Определение прямоугольных координат объектов по аэрофотоснимкам

Координаты объектов, обнаруженных на аэрофотоснимках, определяют преимущественно по карте после их переноса одним, из рассмотренных выше способов. При большом количестве объектов на аэрофотоснимке строят координатную сетку и по ней определяют координаты объектов. Координатную сетку на аэрофотоснимке строят в следующем порядке (рисунок 129).

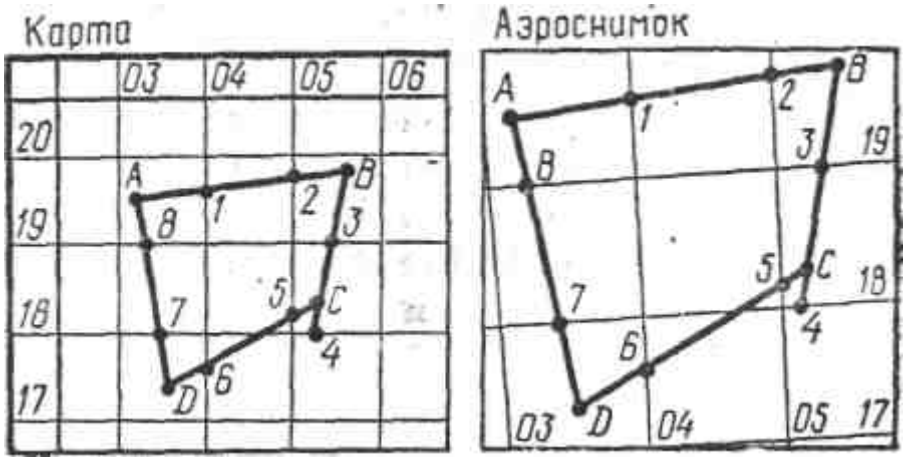


Рисунок 129 – Построение координатной сетки на аэрофотоснимке

На аэрофотоснимке и карте выбирают по четыре общих точки, которые должны быть четко выражены на аэрофотоснимке и точно показаны на карте, расположены на средней высоте сфотографированного участка местности и образовывать четырехугольник. Выбранные на карте и аэрофотоснимке точки соединяют прямыми линиями. Затем переносят с карты на аэрофотоснимок точки пересечения сторон четырехугольника с километровыми линиями, для чего последовательно измеряют на карте расстояния А1, А8, В2, В3, С4, С5, D6,D7, переводят их в масштаб аэрофотоснимка и откладывают на аэрофотоснимке от соответствующих точек по линиям в ту же сторону, что и на карте. Например, отрезок А8 после перевода в масштаб снимка откладывают от точки а в сторону точки d и т. д; Перенесенные точки соединяют в соответствии с картой попарно: 1–6, 2–5,. 3–8, 4–7; это и будут . километровые линии. Их подписывают так же, как на карте.

Расстояния между двумя нанесенными на аэрофотоснимках километровыми линиями не кратны определенному числу сантиметров, поэтому измерять от них координаты так же; как по карте, неудобно. Обычно координаты по аэрофотоснимкам определяют с помощью линейки с миллиметровыми делениями. При пользовании ею принимают, что 1 мм линейки соответствует 10 м на местности; тогда 10 см на линейке будет соответствовать 1 км.

Для определения абсциссы х точки А (рисунок 130) линейку накладывают на аэрофотоснимок, так, чтобы ее нулевой штрих совместился с ближайшей к точке Л нижней горизонтальной километровой линией сетки, а штрих, обозначающий 10 см, – с ближайшей верхней. В то же время край линейки должен проходить через точку Л. Отсчет по линейке против точки А,

выраженный в миллиметрах и умноженный на 10, даст величину отрезка по оси X в метрах. На рисунке этот отсчет равен 200 м, значит, абсцисса x=18 200.

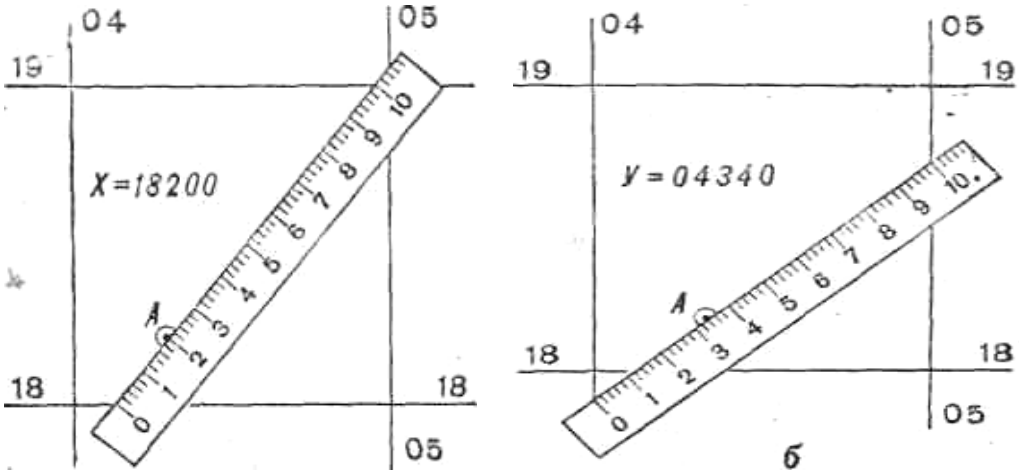


Рисунок 130 – Определение прямоугольных координат точек на аэрофотоснимке с помощью линейки.

6.11.10 Дешифрирование аэрофотоснимков

Дешифрирование аэрофотоснимков – это опознавание и определение характеристик различных объектов по их фотографическому изображению. Дешифрирование, выполняемое в целях составления и обновления карт – топографическим. По способу выполнения дешифрирование может быть полевым, при котором аэрофотоснимки сличаются с местностью, и камеральным. При камеральном способе аэрофотоснимки дешифрируют без сличения с местностью. Этот способ применяют при дешифрировании аэрофотоснимков на территорию, недоступную для обозрения.

Например элементы – дешифрируемые объекты в зависимости от их размеров и конфигурации принято делить на площадные (леса, болота, минные поля и др.), линейные (дороги, реки и др.) и точечные, или компактные (отдельные строения и др.).

Дешифрированию аэрофотоснимков предшествует их подготовка к работе, то есть уяснение масштаба, вида, времени и района фотографирования, а также привязка аэрофотоснимков к карте. При дешифрировании рассматривают каждый аэрофотоснимок, сличая его с картой. Вначале аэрофотоснимок просматривают без каких-либо приборов или с использованием больших луп с малым увеличением (обычно 1,5 – 2x), при этом выявляют основные объекты местности (реки, населенные пункты, дороги и др.). Детальное дешифрирование ведут по участкам или направлениям, учитывая ранее, выявленные объекты и их, взаимосвязь, при этом используют лупы большого увеличения и в некоторых случаях стереоскопы. Опознанные в результате дешифрирования объекты переносят на карту или фиксируют 1% на аэрофотоснимке (фотосхеме) условными знаками рядом с их фотоизображениями.

Демаскирующие признаки. Отличительные признаки, позволяющие распознавать изобразившиеся на аэрофотоснимках объекты, называются демаскирующими. Они могут быть прямыми и косвенными. К прямым признакам относятся форма, размер и тон изображения, к косвенным – тень, взаимное расположение объектов и признаки (следы) деятельности.

Форма изображения наиболее важный демаскирующий признак. На плановых аэрофотоснимках изображение объектов соответствует их виду сверху и в основном подобно их очертаниям в плане. По форме изображения распознают большинство площадных и линейных объектов, а на крупно масштабных фотоснимках и большинство точечных (компактных) объектов.

Размер изображения зависит от масштаба аэрофотоснимка и величины, дешифрируемых объектов. Путем сравнения измеренных по аэрофотоснимкам размеров объектов с их фактическими размерами можно отличить, например, грунтовую дорогу от шоссе, канаву от канала и т. п.

Тон изображения, то есть степень; почернения светочувствительного слоя на черно-белом аэрофотоснимке, зависит от освещенности объекта и отражательной способности, его поверхности, светочувствительности фотоматериалов, которые используются при съемке, а также от сезона года и времени суток, когда производится фотографирование. Чем сильнее объект отражает световые лучи, глаже, его поверхность и лучше она освещена, тем светлее тон, его изображения на аэрофотоснимке. Например, водная поверхность отражает только 5 % падающих лучей, в результате чего она выделяется на аэрофотоснимке среди других объектов своим более темным тоном. Хорошо укатанная грунтовая дорога имеет на аэрофотоснимке светлый тон, а вспаханное поле того же цвета – более темный тон.

Все многообразие красок местности изображается на черно-белом аэрофотоснимке тонами серого цвета различной, плотности, что позволяет выявлять объекты и различать их.

Летние аэрофотоснимки более разнотонны, чем зимние, так как летом местность отличается большим разнообразием красок. Поэтому по летним аэрофотоснимкам можно вскрыть больше деталей местности, чем по зимним.

Тень, форма и длина падающей тени позволяют судить о внешнем. виде и высоте объекта. Часто объект распознают только по его тени. Например, на крупномасштабных аэрофотоснимках по теням от столбов и ферм можно опознать линии связи и электропередачи.

Например, размер падающей тени зависит не только от размеров объекта, но и от высоты солнца в момент фотографирования. Чем ближе к полудню, а следовательно, выше солнце, тем короче получаются на аэрофотоснимках тени и труднее распознать по ним объекты. Поэтому более выгодны для дешифрирования аэрофотоснимки, полученные в светлое утреннее или вечернее время.

Взаимное расположение объектов. Этот признак основан на том, что все сооружения, располагаются на местности в известной связи как между собой, так и с топографическими элементами. Поэтому наличие одних объектов обусловливает возможность или необходимость присутствия дру-

гих, а также более или менее определенное их размещение в зависимости от условий местности.

Этот признак приобретает особо важное значение в том случае, когда остальные признаки, выражены недостаточно ясно. Чтобы при этом лучше использовать как демаскирующие признаки различные топографические элементы и характерные особенности местности, обусловливающие размещение на ней остальных объектов, надо результаты дешифрирования в процессе его выполнения сразу же переносить с аэрофотоснимков на карту. Карта позволяет полнее выяснить общую систему расположения сооружений с учетом условий местности.

Признаки (следы) деятельности. К ним относятся следы, оставляемые на местности в результате деятельности человека. Например, строящиеся площадные и линейные сооружения.

При дешифрировании необходимо учитывать все признаки в совокупности. Значение косвенных признаков; особенно возрастает при выявлении трудно опознаваемых объектов. Однако ограничиваться при дешифрировании только этими признаками нельзя. Обнаружив косвенный признак какого-либо объекта, необходимо удостовериться в правильности дешифрирования, используя для этого прямые признаки.

Дешифрирование топографических объектов. Рельеф с резкими формами хорошо распознается по конфигурации теней. Оттенение скатов тем ярче выражено, чем резче формы рельефа. Места перехода от темного тона к светлому или наоборот соответствуют на местности линиям водоразделов или водосливов. Если этот переход резкий, водораздел (водослив) имеет на местности четко выраженную форму, а если постепенный, то водораздельный перегиб (или водослив) широкий, округлой формы.

При рассматривании аэрофотоснимков горного района нетрудно убедиться, что невооруженным глазом можно легко опознать не только долины, хребты, лощины, отдельные вершины, но даже мелкие промоины. Достаточно хорошо читается на аэрофотоснимках овражно-балочный или сильно холмистый рельеф. Однако слабовыраженные формы рельефа, например плоские водораздельные участки, пологие скаты, широкие долины, на аэрофотоснимках при рассматривании их невооруженным глазом распознать невозможно.

Наилучшие результаты при дешифрировании рельефа дает стереоскопическое рассматривание аэрофотоснимков. Оно позволяет детально изучить рельеф и безошибочно распознать все его формы. Наблюдаемая под стереоскопом модель местности разномасштабна, ее горизонтальный масштаб в несколько раз мельче вертикального. Поэтому под стереоскопом все формы рельефа выглядят в преувеличенном виде, как бы вытянутыми по высоте, то есть высота холмов, а также глубина оврагов кажутся более значительными, чем в действительности.

Населенные пункты легко распознаются по характерной структуре изображения улиц и площадей. Характер планировки и застройки населенных пунктов, наличие в них парков, стадионов, промышленных предприятий

и других объектов легко опознается по аэрофотоснимкам, что позволяет без труда отличить город от поселка, сельского типа. Для последних характерно изображение малых по размерам и однотипных по очертанию построек и примыкающих к ним приусадебных участков.

Плавные, с большим радиусом закругления, наличие вдоль полотна широких полос отчуждения и различных сооружений (вокзалов, платформ, поворотных кругов, будок и т. п.), пересечения с автомобильными дорогами под прямым углом. Тон изображения железных дорог серый или светло-серый, потемнее, чем у шоссейных дорог. Число колей определяют по ширине полотна: ширина полотна одноколейной железной дороги равна примерно 5 м, двухколейной – 10 м, трехколейнной – 15 м.

Туннели опознают по разрыву полотна дороги и по тени у входа в них.

Автострады и шоссейные дороги имеют следующие характерные признаки: четкие контуры полотна; значительные по протяженности прямолинейные участки и плавные, но более крутые, чем у железных дорог, закругления; кюветы и канавы по сторонам изображаются более темными полосками, чем полотно дороги; линии связи и обсадки вдоль дороги.

Отличить шоссе от усовершенствованного шоссе или от автострады можно по ширине полотна, которая у шоссе не превышает 6 – 8 м (от канавы до канавы). Для автострад характерно наличие путепроводов и оборудованных съездов с одной дороги и въездов на другие дороги в местах их пересечения. Кроме того, на крупномасштабных аэрофотоснимках просматривается разграничительная полоса в виде тонкой линии более темного тона, чем полотно.

Грунтовые дороги отличаются извилистостью, неравномерной шириной полотна, отсутствием боковых канав, наличием объездов (разветвленных участков полотна). Ширина грунтовой дороги обычно 4 – 5 м. Тон фотоизображения зависит от накатанности полотна, но обычно он светлее тона окружающей местности.

Реки, ручьи, озера и другие водоемы легко опознаются по однотонному изображению поверхности воды и резко очерченным береговым линиям. Озера на болотах не имеют ясно выраженной границы, они опознаются по изображению поверхности воды.

Искусственные водоемы (водохранилища, пруды) отличаются наличием плотины (дамбы), которая изображается в виде узкой ровной полоски.

Для каналов и канализованных рек характерны одинаковая ширина русла, прямолинейность, плавность изгибов, тени от стенок канала, наличие шлюзов и других гидротехнических сооружений.

Мосты на реках изображаются в виде перемычек, к которым подходят дороги.

На наличие брода указывают дороги или тропы, подходящие с обеих сторон к реке, а также мели, которые хорошо выделяются на фоне реки своим более светлым тоном.

Леса легко распознаются по четкому контуру опушек и теням, от деревьев, а также по характерной зернистости изображения, создаваемой освещенными кронами и темными промежутками между ними. Высота леса может быть определена по тени от деревьев вдоль его опушек путем сопоставления ее длины с длиной тени на том же аэрофотоснимке от предмета, высота которого известна. Различие в возрасте леса можно установить по величине крон: чем крупнее зернистость в изображении леса, тем лес спелее, деревья в нем выше, стволы толще. Определение характера леса по степени сомкнутости крон (сплошной, густой, редкий лес) обычно не вызывает затруднений, так как аэрофотоснимок, особенно крупномасштабный, дает наглядное представление о расстояниях между деревьями. Изображение кустарника и лесной поросли в отличие от изображения леса имеет более мелкую зернистость.

Буреломы и лесные завалы уверенно опознаются на аэрофотоснимках масштаба 1 : 15 000 и крупнее. Поваленные деревья изображаются в виде светлых полосок, расположенных в одном направлении. На аэрофотоснимках масштаба мельче 1 : 15 000 бурелом опознается по более светлому, чем у леса, тону.

Болота в зависимости от увлажненности могут иметь серый или темно-серый тон, чем светлее изображение болота, тем оно суше и более проходимо. Если на аэрофотоснимке заметны тропы и древесная растительность, болото проходимо, если видны черные полосы с резкими границами, болото непроходимо, на нем имеются топи. На зимних аэрофотоснимках болота не опознаются.

Разновидности грунтов распознают по тону изображения и некоторым косвенным признакам. Светлый ровный тон имеет песчаный грунт, серый неровный – каменистый грунт. Косвенными признаками, по которым можно судить о характере грунта, являются произрастающая растительность, форма оврагов, состояние полотна грунтовых дорог. Так, сосновый лес растет в основном на песчаном грунте, а лиственный лес – на суглинистом и глинистом; короткие, и широкие овраги с крутыми склонами более характерны для песчаного и супесчаного грунтов, а узкие и длинные – для глинистого. Разъезженность полотна грунтовых дорог в пониженных увлажненных местах и наличие объездов свидетельствуют о глинистом вязком грунте.

Аэродромы хорошо распознаются на аэрофотоснимках даже мелкого масштаба по характерному изображению взлётно-посадочных полос, рулежных дорожек.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Изложите основные задачи воздушного фотографирования.
2. Какие достоинства имеют аэрофотоснимки?
3. Какие аэрофотоснимки относятся к плановым? Каковы их достоинства и недостатки по сравнению с топографической картой?

4. На какие виды подразделяют воздушное фотографирование и аэрофотоснимки? Дайте характеристику различным видам фотографирования и аэрофотоснимкам.

5. Какими основными причинами вызываются искажения на аэрофотоснимках? Объясните с помощью чертежа геометрическую сущность этих искажений.

6. Что такое разрешающая способность фотографического изображения? Каковы минимальные размеры объекта, позволяющие опознать его на аэрофотоснимке?

7. Назовите виды фотодокументов и их применение.

8. В чем заключается подготовка аэрофотоснимков к работе? Как определить масштаб планового аэрофотоснимка по карте?

9. Определите разрешающую способность фотоизображения, если разрешающая способность объектива АФА составляет 100 линий, а фотопленки 70 линий на 1 мм.

10. На двух перекрывающихся, аэрофотоснимках расстояние от начальной точки до середины перекрытия 17,2 см, от середины перекрытия до конечной точки 18,7 см. Определите общую длину линии, если величина масштаба первого аэрофотоснимка 185 м в 1 см, а второго 205 м в 1см.

11. Определите размеры фотоизображения сооружения на аэрофотоснимке, полученного АФА с фокусным расстоянием 75 см с высоты 5000 м (действительные размеры 8х3 м) сооружения.

12. Определите масштаб перспективного аэрофотоснимка по главной горизонтали при условии $f=1,2$ м, $H=6000$ м, $\alpha=60°$.

13. Изложите способы переноса объектов с аэрофотоснимка на карту и укажите, в каких случаях целесообразно применять тот или иной способ.

14. Как определить координаты объектов, опознанных на аэрофотоснимках?

15. Назовите прямые и косвенные демаскирующие признаки.

16. По каким признакам опознают на аэрофотоснимках броды и мели на реках, грунтовые, шоссейные и железные дороги?

17. По каким признакам опознают на аэрофотоснимках.

7 Ориентирование на местности

7.1 Ориентирование на местности без карты

7.1.1 Сущность и способы ориентирования на местности

Ориентирование на местности включает определение направлений на стороны горизонта и своего местоположения относительно окружающих местных предметов и форм рельефа, а также выдерживание намеченного или указанного направления движения.

Способы ориентирования на местности. Ориентироваться на местности можно по топографической карте, аэрофотоснимкам и с помощью навигационной аппаратуры, установленной на машинах. Широко используются и простейшие способу ориентирования: по компасу, небесным светилам и признакам местных предметов. Обычно ориентируются на местности преимущественно по карте с использованием компаса. Это основной способ ориентирования. На местности, где мало ориентиров или произошли существенные изменения, а также в крупных городах ориентироваться лучше по аэрофотоснимкам. Подробное изображение на них местных предметов и. мелких деталей, не помещаемых на картах, позволяет быстро определять свое местоположение и точно выдерживать направление движения. При действиях ночью или на местности, бедной ориентирами, движение совершают, как правило, по азимутам, заранее подготовленным по карте или аэрофотоснимку. Это достаточно надежный и общедоступный способ ориентирования.

Для надежного и точного ориентирования в сложных условиях местности и при плохой видимости используют навигационную аппаратуру. Она позволяет в любой момент знать координаты своего местоположения на местности и дирекционный угол направления движения, а также дирекционный угол, направления на конечный пункт маршрута.

Простейшие способы, ориентирования – по компасу, небесным светилам, и признакам местных предметов применяются при определении сторон горизонта и выдерживании направления движения. Ориентирование на местности может быть общим и детальным.

Общее ориентирование заключается в приближенном определении своего местонахождения, направления движения и времени, необходимого для достижения конечного пункта. У движения такое ориентирование чаще всего применяется в движении когда нет карт, а используют заранее составленные схемы маршрута (рисунок 131) или списки населенных пунктов и других ориентиров с указанием, расстояний между ними. В движении в этом случае необходимо постоянно следить за временем движения, пройденным расстоянием, которое определяют по спидометру, машины, и контролировать по схеме (списку) прохождение населенных пунктов и других ориентиров.

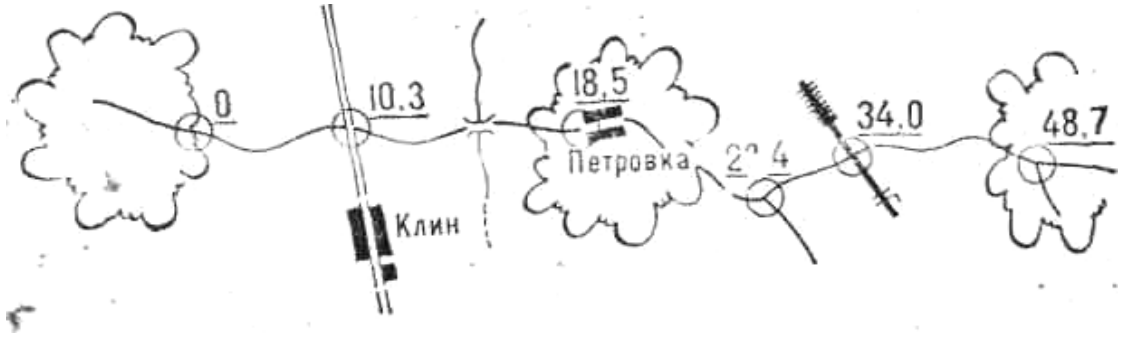


Рисунок 131 – Схема маршрута движения

Детальное ориентирование заключается в точном определении своего местоположения, положения различных объектов и направления движения. Оно применяется при нанесении на карту результатов рекогносцировки, местности, движении по азимутам и в других случаях. Точное ориентирование выполняется по карте, аэрофотоснимкам и с помощью навигационной аппаратуры.

7.1.2 Выбор и использование ориентиров

Местные предметы и формы рельефа, относительно которых определяют свое местоположение, положение объектов и точек и указывают направление движения, называются ориентирами. Они выделяются обычно формой, окраской и легко опознаются при обзоре окружающей местности.

Ориентиры подразделяют на площадные, линейные и точечные.

К площадным ориентирам относятся населенные пункты, отдельные массивы леса, рощи, озера, болота и другие объекты, занимающие большие площади. Такие ориентиры легко опознаются и запоминаются при изучении местности.

Линейные ориентиры – это местные предметы и формы рельефа, имеющие большую протяженность при сравнительно небольшой ширине, например дороги, реки, каналы, линии электропередачи, узкие лощины и т. п. Они используются, как правило, для выдерживания направления движения.

К точечным ориентирам относятся постройки башенного типа, трубы заводов и фабрик, ретрансляторы, мосты, путепроводы, перекрестки дорог, ямы, карьеры и другие местные предметы и формы рельефа, занимающие небольшую площадь. Такие ориентиры используют обычно для точного определения своего местоположения на местности, положения точек, указания местности.

Обеспечение надежного ориентирования на местности во многом зависит от правильного выбора ориентиров. При выдерживании направления движения днем выбирают ориентиры, которые могут быть легко опознаны еще при подходе к ним, например, отдельные рощи и деревья, постройки башенного типа, то есть в основном точечные ориентиры. По мере продвиже-

ния выбирают новые ориентиры. При ограниченной видимости используют в основном линейные ориентиры для выдерживания направления движения.

Зимой снежные заносы сглаживают складки рельефа и делают их малозаметными издали. Поэтому использование формы рельефа зимой в качестве ориентиров затруднено. В этих условиях следует выбирать наиболее выделяющиеся местные предметы темной окраски, так как они лучше просматриваются на фоне снежного покрова.

При выборе ориентиров следует учитывать и такую особенность. В движении при обзоре местности с разных точек ее вид, а следовательно и вид ориентиров, их взаимного расположения резко меняются. Особенно это характерно для горной местности. Отдельные формы рельефа и местные предметы, назначенные в качестве ориентиров, могут теряться из виду при движении по горным дорогам.

Таким образом, при выборе ориентиров необходимо всегда учитывать условия, в которых будут выполняться различного рода задачи на местности.

В необходимых случаях выбираются дополнительные ориентиры. В качестве ориентиров следует выбирать наиболее устойчивые местные предметы и формы рельефа, например, высоты, насыпи, развилки дорог. Ориентиры выбирают по возможности равномерно, чтобы обеспечить быстрое и точное указание местоположения точки местности, выбранные ориентиры нумеруют справа налево. Каждому ориентиру для удобства запоминания дают условное наименование, соответствующее его внешним отличительным признакам.

Определение направлений на стороны горизонта. Направления на стороны горизонта взаимосвязаны между собой (рисунок 132).

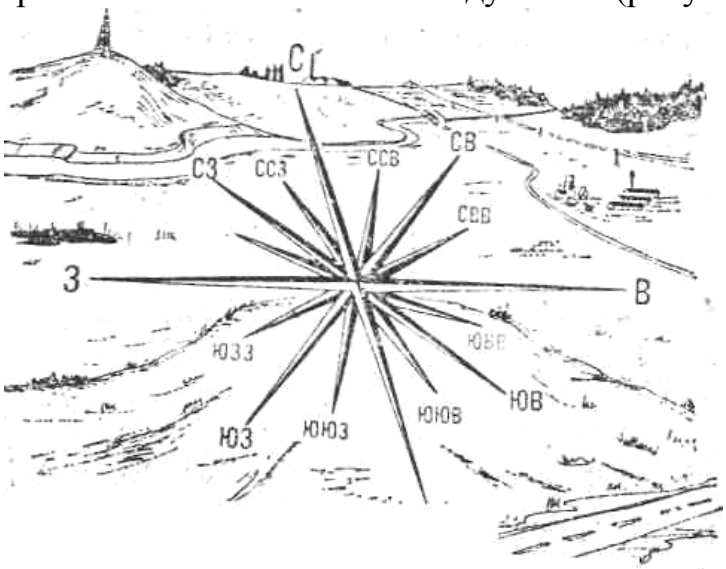


Рисунок 132 – Взаимное расположение сторон горизонта

Если известно хотя бы одно из них, например, на север, то в противоположном направлении будет юг справа – восток, а слева – запад. В некоторых случаях при указании направления движения описании местоположения и направления линейных объектов или границ используют промежуточные направления между сторонами горизонта. Например; «Двигаться в юго-

западном направлении». Направления на стороны горизонта определяют чаще всего по компасу, небесным светилам и некоторым признакам местных предметов.

Устройство магнитного компаса. При ориентировании на местности наиболее широко применяются компас Адрианова. Компас Адрианова состоит из корпуса (рисунок 133) в центре которого на острие иглы помещена магнитная стрелка 3. В нерабочем состоянии магнитная стрелка прижата к стеклянной крышке тормозом 6. При незаторможенном состоянии стрелки ее северный конец устанавливается в направлении на Северный магнитный полюс, а южный – в направлении на Южный магнитный полюс. Круговая шкала (лимб) 2 разделена на 120 делений, цена деления 3°. Шкала имеет двойную оцифровку: внутреннюю – по ходу часовой стрелки от 0 до 360° через 15° (5 делений шкалы) и внешнюю – против хода часовой стрелки через 5 больших делений угломера (10 делений шкалы). Для визирования на местные предметы и снятия отсчетов по шкале компаса на вращающемся кольце закреплено визирное приспособление (целик и мушка) 4 и указатель 5 отсчета. Северный конец магнитной стрелки, указатели отсчетов и Деления на шкале через 90° покрыты светящейся в темноте краской, что облегчает пользование компасом ночью.

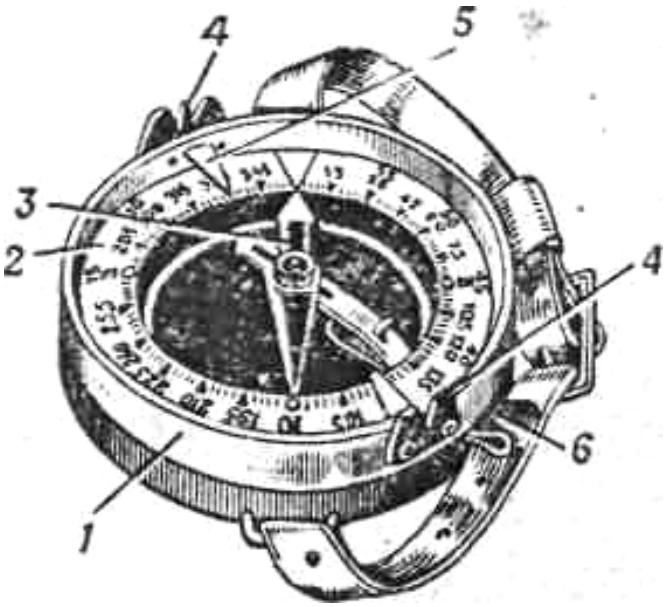


Рисунок 133 – Компас Адрианова: 1 – корпус, 2 – лимб, 3 – магнитная стрелка; 4 – визирное приспособление (мушка и целик); 5 – указатель отсчета; 6 – тормоз

При спортивном ориентировании часто пользуются спортивным компасом. Коробка этого компаса заполнена специальной жидкостью, поэтому магнитная стрелка быстро успокаивается и почти не колеблется при беге спортсмена. Некоторые модели спортивных компасов имеют лупу для чтения карты и шайбу-шагомер для фиксирования сотен пар или троек шагов. Деления отсчетной шкалы компаса оцифрованы, как правило, в градусах.

Правила обращения с компасом. Чтобы установить пригодность компаса, надо проверить чувствительность магнитной стрелки. Для этого к компасу в рабочем состоянии подносят какой-нибудь металлический предмет и затем его убирают. Если, магнитная стрелка после каждого смещения устанавливается на прежнем отсчете, она достаточно чувствительна. При работе с компасом следует всегда помнить, что под влиянием сильных электромагнитных полей или близко расположенных металлических предметов стрелка отклоняется от направления вдоль магнитного меридиана. Поэтому при определении сторон горизонта необходимо отходить от линий электропередачи, железнодорожного полотна, боевой техники и крупных металлических предметов на расстояние 40 – 50 м.

Определение направлений на стороны горизонта по компасу. Вращением кольца устанавливают указатель отсчета, расположенный против мушки, на нулевой отсчет по шкале, а компас примерно в горизонтальное положение. Затем отпускают тормоз магнитной стрелки и поворачивают компас в горизонтальной плоскости так, чтобы северный конец стрелки совпал с нулевым отсчетом шкалы. Затем, не меняя положения компаса, визируют через целик и мушку, замечают на линии визирования удаленный ориентир, который используют для указания направления на север с точки стояния.

Определение направлений на стороны горизонта по небесным светилам. При отсутствии компаса или в районах магнитных аномалий стороны горизонта можно приближенно определить днем по Солнцу, а ночью – по Полярной звезде или Луне.

В Северном полушарии Солнце восходит летом примерно на северо-востоке (рисунок 134), а заходит на северо-западе. Зимой оно восходит на юго-востоке, а заходит на юго-западе. Лишь дважды в год Солнце восходит точно на востоке и заходит на западе (периоды равноденствия, когда день равен ночи, примерно 21 марта и 23 сентября). В 13 ч местного времени, а летом в 14 ч местного времени над территорией Солнце, находится на юге в наивысшей точке над горизонтом (в зените) и тени от местных предметов имеют наименьшую длину и, направлены на север. По мере перемещения Солнца тени смещаются на восток.

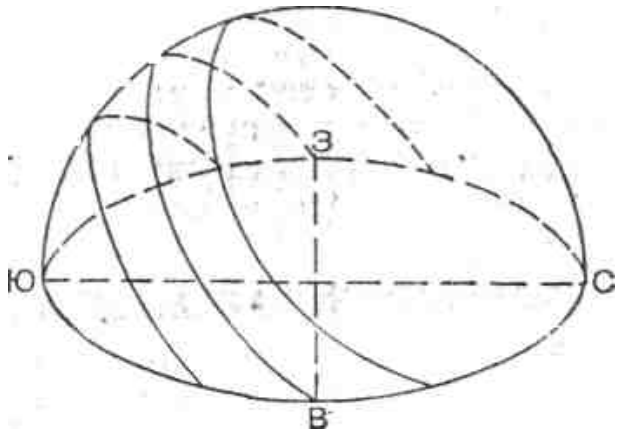


Рисунок 134 – Восход, и заход Солнца в средних широтах Северного полушария

Для определения сторон горизонта по Солнцу в любое время дня используют наручные часы. Их устанавливают так, чтобы часовая стрелка была направлена на Солнце (рисунок 135).

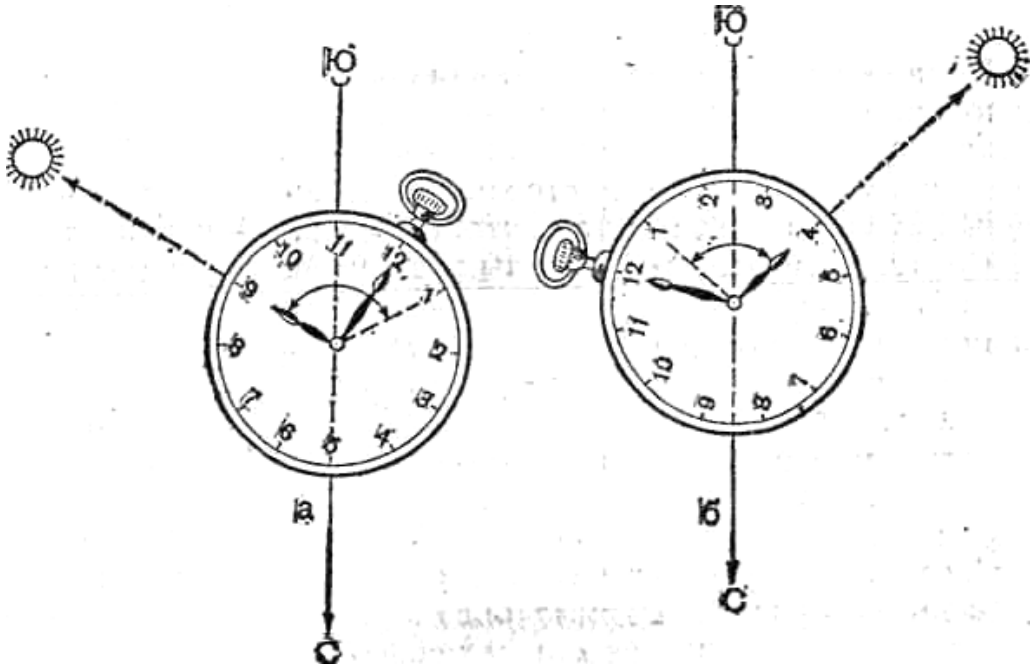


Рисунок 135 – Определение сторон горизонта по Солнцу и часам: а – до 13 часов; б – после 13 часов

Угол между часовой стрелкой и направлением на цифру 1 (по летнему времени – на цифру 2) на циферблате, делят пополам. Биссектриса этого угла указывает приблизительно направление на юг. Угол делят пополам потому, что Солнце совершает кажущийся путь вокруг Земли за 24 ч. За это, время часовая стрелка обходит весь циферблат дважды. Поэтому биссектриса угла показывает направление, в котором светило должно находиться в полдень, то есть направление на юг.

Рассмотренный способ дает сравнительно правильные результаты в северных широтах и зимой. Летом и особенно в южных широтах ошибки могут достигать более 25°.

Направление на юг можно определить по Солнцу и таким способом. Известно, что видимое перемещение Солнца по небосклону составляет примерно 15° в час. Если, например, в 16.00 спроектировать светило на линию горизонта, заметить в этом направлении ориентир и отложить от него влево (на восток) 45°, то это направление и будет направлением на юг.

Полярная звезда всегда находится на севере. Ночью на безоблачном небе ее легко найти по созвездию Большой Медведицы. Через две крайние звезды Большой Медведицы нужно мысленно провести прямую линию (рисунок 136) и отложить на пять раз отрезок, равный расстоянию между крайними звездами. Конец пятого отрезка укажет положение Полярной Звезды, которая находится в созвездии Малой Медведицы (конечная звезда малого «ковша»). Полярная звезда может служить надежным ориентиром для выдерживания направления движения, так как ее положение на небосклоне с течением времени практически не изменяется. Точность определения направления по Полярной звезде составляет 2~3°.

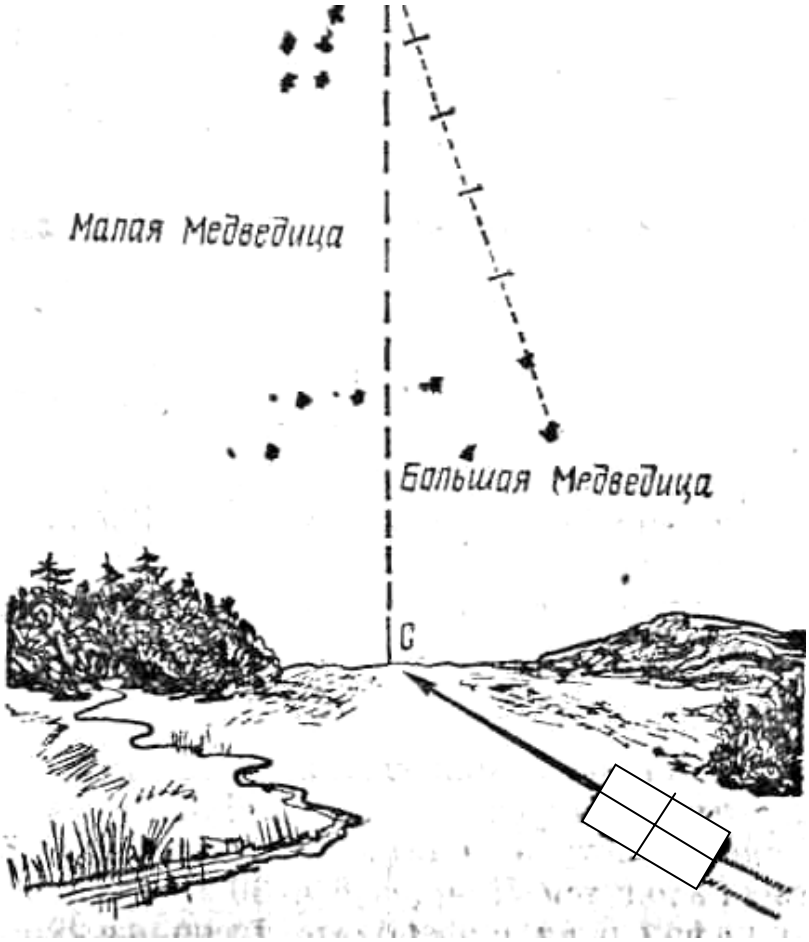


Рисунок 136 – Определение сторон горизонта по Полярной звезде

По Луне стороны горизонта определяют более точно, когда виден, весь ее диск (полнолуние). Полная Луна в любое время находится в стороне, противоположной Солнцу. Разница во времени их местоположения составляет ровно 12 ч. Эта разница на циферблате часов не видна, так как в 1 ч и в 13 ч (соответственно в 2 ч и в 14 ч по летнему времени) часовая стрелка будет находиться на одном и том же месте. Поэтому стороны горизонта по полной Луне определяют так же, как и по Солнцу.

Если Луна неполная (прибывает или убывает), то нужно вначале разделить на глаз радиус диска Луны на шесть равных частей, определить, сколько таких частей содержится в поперечнике видимого серпа Луны, и заметить время по часам. Затем из этого времени вычесть (если Луна прибывает) или прибавить (если Луна убывает) количество частей, содержащихся в поперечнике видимого серпа Луны. Полученная разность или сумма покажет час, когда в том направлении, в котором находится Луна, будет находиться Солнце. После этого Луну рассматривают как Солнце, направляют на нее ту цифру циферблата, которая соответствует рассчитанному часу, и находят направление на юг, как это делается по Солнцу и часам.

Например, время наблюдения 3 ч 30 мин (рисунок 137). Видимая часть диска Луны в поперечнике содержит по оценке на глаз три шестых радиуса ее диска. Луна убывает. Следовательно, Солнце будет находиться в

том направлении, где в данное время находится Луна, в 6 ч 30 мин (3,30+3,00=6,30). Направляем цифру 6 на циферблате часов на Луну. Угол между цифрами 6 и 1 делим пополам и получаем направление на юг.

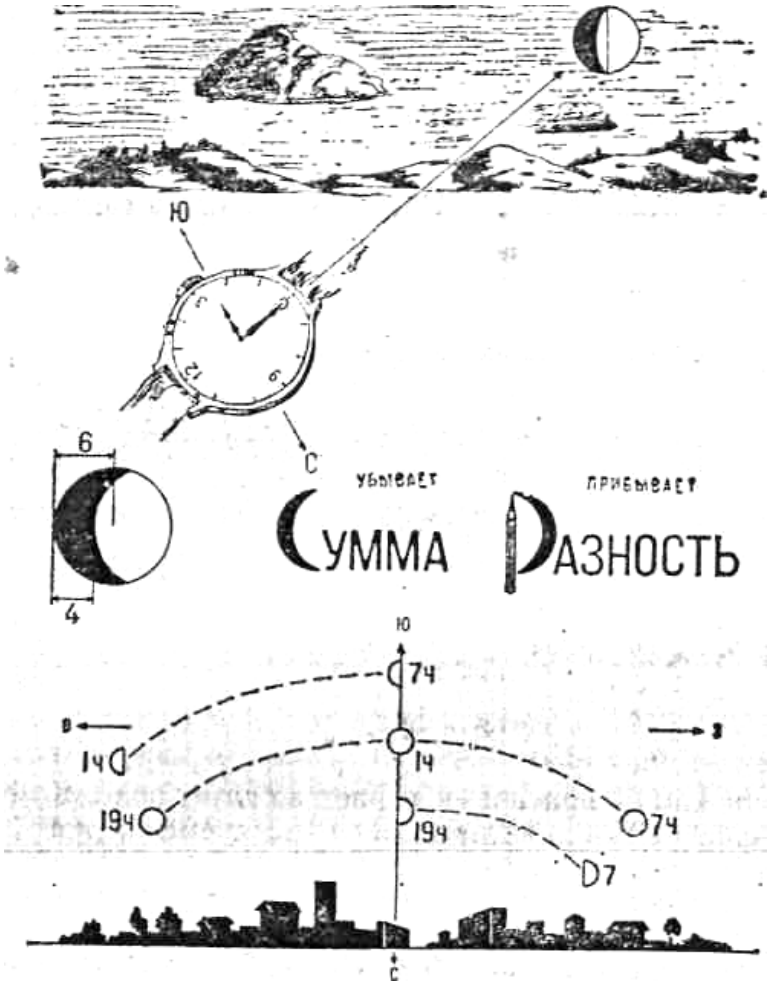


Рисунок 137 – Определение сторон горизонта по Луне и часам

Чтобы не ошибиться, когда брать разность, а когда сумму, полезно пользоваться мнемоническим правилом, показанным на рисунке 137.

Определение сторон горизонта по признакам местных предметов. В некоторых случаях стороны горизонта могут быть определены по признакам местных предметов (рисунок 138). Этот способ менее надежный, чем рассмотренные ранее, поэтому для определения сторон горизонта полезно использовать по возможности несколько признаков.

Многие признаки обусловлены расположением местных предметов по отношению к Солнцу:

– мхи и лишайники на коре деревьев, на больших камнях, скалах, старых деревянных строениях сосредоточены преимущественно на северной стороне. Если мох растет по всему стволу дерева, то на северной стороне его больше, особенно около корня;

– кора деревьев с северной стороны обычно грубее и темнее, чем с южной. Особенно хорошо это заметно на березе;

– в жаркое время года на стволах хвойных деревьев выделяется больше смолы с южной стороны;

– весной на северных окраинах лесных полян трава более густая, чем на южных; около отдельных деревьев, столбов, больших камней трава растет гуще с южной стороны;

– муравейники, как правило находятся к югу от ближайших деревьев и пней, южная сторона их более пологая, чем северная;

– снег быстрее подтаивает на южных склонах, в результате подтаивания на снегу образуются зазубрины – шипы, направленные к югу.

На местности имеются и другие признаки, по которым можно определить направления на стороны горизонта, например по господствующим ветрам в данной местности, если заранее известно их направление. В больших лесных массивах просеки прорубают обычно по линиям север – юг и запад – восток.

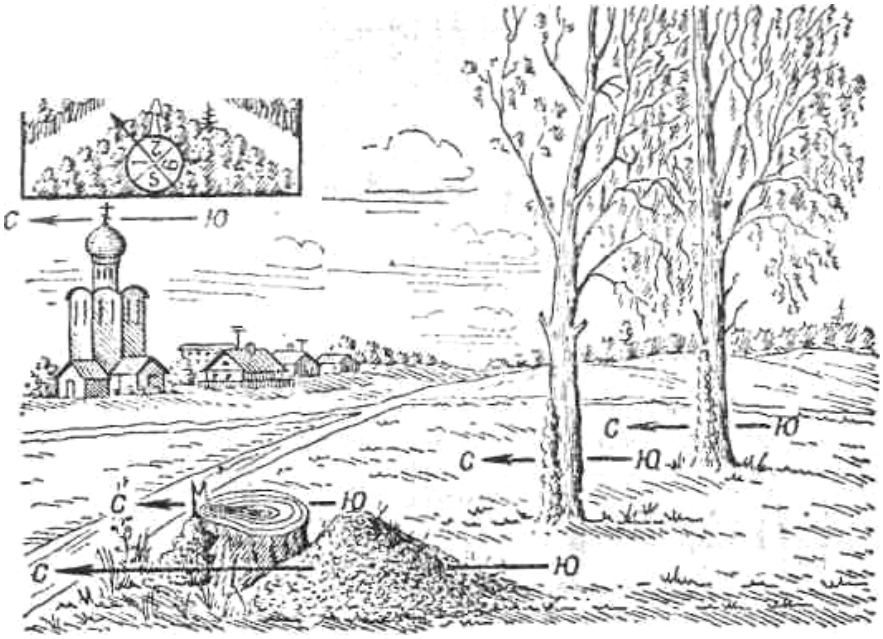


Рисунок 138 – Определение сторон горизонта по признакам местных предметов.

В жизни людей время играет важную роль им всегда нужно быть ориентированным во времени, знать по какому времени происходит их трудовая деятельность.

В основу времени, по которому мы живем, положено солнечное время. В связи с тем, что земной шар совершает один оборот вокруг своей оси за 23 ч 56 мин 4 с, пользоваться, таким временем неудобно, так как один и тот же час в течение года приходится на различное время дня и ночи. Поэтому для определения времени принято среднее солнце – фиктивная точка, равномерно движущаяся по небесному экватору с такой скоростью, что в своем годичном движении она всегда одновременно с истинным Солнцем проходит через точку весеннего равноденствия, когда день равен ночи. Началом отсчета времени служит момент нижней кульминации среднего солнца, то есть

средняя полночь. Периоды времени выражаются в долях средних солнечных суток – средних солнечных часах, минутах и секундах. Видимое движение истинного Солнца неравномерное, а фиктивного (вычисленного) среднего солнца – равномерное. Разность между истинным и средним солнечным временем колеблется от минус 14 до +16 мин. Эту разность можно определять при необходимости на каждый день по специальным таблицам Астрономического ежегодника.

Поясное, декретное и летнее время. Система учета времени по часовым поясам была введена во многих странах мира в конце XIX в. Суть ее заключается в следующем. Поверхность земного шара делится на 24 часовых пояса по числу часов.

Время в соседних поясах отличается ровно на 1ч. Границами часовых поясов в морях и океанах, а также в малообжитых районах служат меридианы, отстоящие на 7,5[1] к востоку и западу от среднего меридиана каждого пояса.

В обжитых районах границы часовых поясов проходят по государственным и административным границам и естественным рубежам (рекам, горным хребтами т. п.), расположенным вблизи граничных меридианов пояса.

Счет среднего солнечного времени во всем мире ведется от начального меридиана Гринвичской обсерватории (вблизи Лондона), проходящего посредине нулевого гринвичского пояса. Время нулевого гринвичского пояса называется западно-европейским временем.

К востоку от нулевого пояса проходит 1-й пояс, время которого известно как среднеевропейское. Оно, опережает, на один час гринвичское.

Поясное время в РФ было введено в 1919 г. На территории страны пояса имеют номера от 2-го до 12-го, включительно. Поясное, время в обычной жизни называют местным временем. При точных астрономических определениях местное время рассчитывают для каждого пункта в зависимости от его долготы.

В 1930 г. принято время, идущее на 1 ч впереди поясного, называемое декретным временем. Декретное время 2-го часового пояса, принятое в Москве, называют московским временем. Показания часов, идущих по московскому времени, опережают среднее солнечное: время меридиана Москвы приблизительно на 0,5ч в нашей стране. В 1981 г. было принято время, идущее на 1 ч; впереди декретного, называемое летним. Одновременно были уточнены границы часовых поясов. Летнее время вводится ежегодно на период с 1 апреля до 1 октября. Таким образом, в повседневной жизни мы пользуемся средним солнечным, поясным (местным), декретным, а с 1 апреля до 1 октября и летним временем.

В астрономии часто используют звездные системы счета времени, в которых началом счета служит момент верхней кульминации точки весенне-

[1] Кульминация — прохождение Солнца через меридиан точки стояния сутках. Каждый пояс имеет единый счет времени по среднему меридиану. Пояса пронумерованы с запада на восток от нулевого до 23го.

го равноденствия на каком-либо меридиане, а периоды времени выражаются в долях звездных суток, то есть в звездных часах, минутах и секундах.

7.1.4 Определение и выдерживание направлений на местности

Направление движения а также направление на местный предмет определяют и указывают величиной магнитного точки азимута или горизонтального угла, измеряемого от начального направления на какой-нибудь удаленный ориентир. Магнитный азимут – горизонтальный угол, измеряемый по ходу часовой стрелки от северного направления магнитного меридиана до направления на предмет. Его значения могут быть от 0 до 360°. Магнитный азимут направления определяют с помощью компаса в таком порядке. Отпускают тормоз магнитной стрелки и поворачивают компас в горизонтальной плоскости до тех пор, пока северный конец стрелки не установится против, нулевого деления шкалы. Затем, не меняя положения компаса, устанавливают визирное приспособление так, чтобы линия визирования через целик и визир совпала с направлением на предмет. Отсчет по шкале против визира будет соответствовать величине определяемого магнитного азимута нанаправления на местный предмет. На рисунке 139 магнитный азимут на отдельное дерево равен 330°.

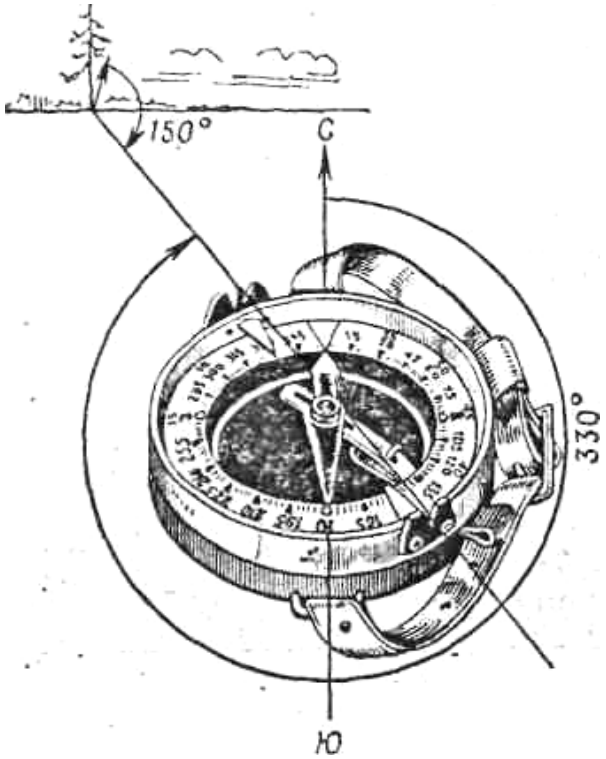


Рисунок 139 – Определение магнитного азимута по компасу

Азимут направления с точки стояния на местный предмет называется прямым магнитным азимутом. В некоторых случаях, например для отыскания обратного пути, используют обратный азимут, который отличается от

прямого на 180°. На рисунке 139 обратный азимут (от отдельного дерева на точку стояния) равен 150°.

Для определения направления на местности по, заданному магнитному азимуту необходимо установить на шкале компаса против визира отсчет, равный значению заданного магнитного азимута. Затем, отпустив тормоз магнитной стрелки, повернуть компас в горизонтальной плоскости так, чтобы северный конец стрелки установился против нулевого деления шкалы. Не меняя положения, компаса, заметить на местности по линии визирования через целик и мушку какой-нибудь удаленный ориентир. Направление на ориентир и будет направлением, соответствующим заданному азимуту.

Выдерживание направления движения. Важное значение при ориентировании, имеет умение двигаться прямолинейно, особенно на закрытой местности. Так как шаг одной ноги человека меньше шага другой ноги, человек незаметно для себя отклоняется в сторону, если не следит за направлением движения.

Для выдерживания направления движения без компаса чаще всего используют линейные ориентиры (просеки, ручьи, опушки леса и т. п.). На открытой или полузакрытой местности в этих целях используют точечные ориентиры (постройки башенного типа, отдельные строения, выделяющиеся формы рельефа и др.), которые видны издали. Чтобы точнее выйти к выбранному или указанному удаленному местному предмету (ориентиру) на полузакрытой местности, где он может теряться из виду, в исходной точке, в створе с удаленным ориентиром намечают ориентир, который будет виден на всем участке по ходу движения, и продвигаются к нему. Достигнув его, вновь намечают ориентир по направлению движения. Такие ориентиры называются, промежуточными. Легко выдерживать направление движения по небесным светилам: днем по, Солнцу, а ночью по Луне и ярким созвездиям. Они служат вспомогательными ориентирами. Следует лишь помнить, что Солнце и Луна перемещаются по небосводу за один час на 15°, и учитывать эту особенность при длительном движении в закрытой местности. Вспомогательными ориентирами могут служить пики горных вершин и другие выделяющиеся местные предметы, расположенные по ходу движения или в стороне от маршрута и хорошо видимые издали.

Чтобы найти при необходимости обратный путь, по ходу движения замечают и запоминают, отдельные, наиболее выделяющиеся предметы или делают заметки на развилках дорог, перекрестках просек в лесу, кустарнике.

Движение по азимутам. Сущность движения по азимутам заключается в выдерживании на местности заданных направлений и расстояний. Направления движения выдерживают с помощью компаса, расстояния измеряют шагами.

Данные, необходимые для движения по азимутам (магнитные азимуты направлений между точками поворота на маршруте и расстояния между ними), определяют по крупномасштабной карте.

Подготовка данных для движения по азимутам включает изучение местности по карте, выбор маршрута и ориентиров на его участках, определе-

ние магнитных азимутов направлений и расстояний между выбранными ориентирами, оформление данных на карте или составление схемы (таблицы) движения.

При изучении местности оценивают ее проходимости, определяют труднопроходимые и непроходимые препятствия и пути их обхода.

Начертание маршрута зависит от характера местности, наличия ориентиров на ней и условий предстоящего движения, равное – это выбрать маршрут, позволяющий быстрый выход к назначенному пункту.

Маршрут выбирают с таким расчетом, чтобы он имел минимальное количество поворотов. Точки поворота маршрута намечают у ориентиров, которые можно легко опознать на местности (постройки башенного типа, перекрестки дорог, мосты, путепроводы, геодезические знаки).

Расстояния между ориентирами при движении по маршруту днем, не должны превышать 1 – 2 км.

Для движения ночью ориентиры по маршруту намечаются чаще.

Необходимо избегать передвижений по гребням возвышенностей и открытым участкам. Примерный вариант выбора маршрута показан на рисунке 140.

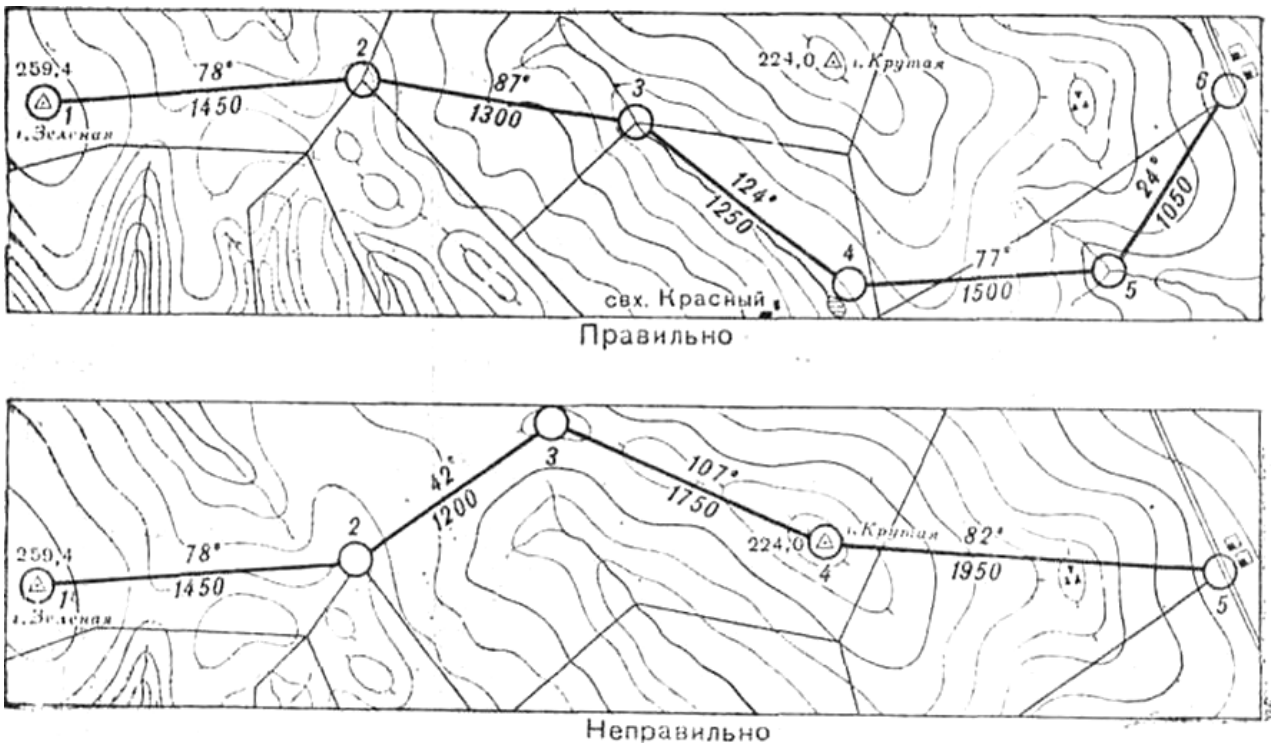


Рисунок 140 – Выбор маршрута при движении по азимутам

Выбранные ориентиры обводят кружками и соединяют прямыми линиями. Линии маршрута, которые не пересекают вертикальную линию координатной сетки, полезно продолжить до пересечения с ближайшей из них, чтобы в дальнейшем удобнее было измерять дирекционные углы.

Дирекционные углы направлений по маршруту измеряют транспортиром, которые обеспечивают точность измерения угла с ошибкой ±1-2°.

Измеренные дирекционные углы направлений переводят в магнитные азимуты.

Расстояния между выбранными по маршруту движения ориентирами измеряют с помощью циркуля-измерителя и линейного масштаба или линейки с миллиметровыми делениями. Если маршрут намечен по холмистой (горной) местности, то в измеренные по карте расстояния вводится поправка за рельеф (см. раздел 6.10)

Определенные значения магнитных азимутов и расстояний тщательно проверяют, так как грубая ошибка измерения хотя бы одного азимута или расстояния приводит к отклонению от намеченного маршрута и в конечном счете к потере ориентировки.

Данные, необходимые для движения по азимутам, оформляют на карте, а если карту с собой не берут, составляют схему маршрута (рисунок 142) или таблицу (таблица 46).

Таблица 46 – Таблица данных для движения по азимутам

№ Точки	Участок пути	Магнитный азимут	Расстояние, м	Время, мин	Расстояние, пары шагов
1	Сарай – курган	35	675	10	450
2	Курган – развилка дороги и просеки	338	750	11	500
3	Развилка просеки и дороги – башня	47	930	14	633
4	Башня – труба под дорогой	346	980	15	653

Схему составляют в такой последовательности. На чистый лист бумаги переносят, с карты начальную точку, ориентиры на поворотах и конечную точку маршрута. Расположение ориентиров на схеме должно быть подобно их положению на карте. Все ориентиры изображают на схеме такими же условными знаками, как и на карте. Затем ориентиры нумеруют и соединяют прямыми линиями. Против каждой линии выписывают исходные данные для движения в виде дроби: в числителе – магнитный азимут, в знаменателе – расстояние в метрах и время движения в минутах, расстояние в метрах переводят в пары шагов и выписывают на схему в скобках.

После этого наносят на схему стрелку север – юг и дополнительно показывают в стороне от маршрута, а также по марш руту ориентиры, которые могут быть использованы при движении как промежуточные или вспомогательные.

В тех случаях, когда требуется выдержать лишь общее направление движения, схему (таблицу) движения не составляют. Азимут направления движения определяют непосредственно на местности по компасу.

Порядок движения по азимутам. При движении по азимутам назначается ведущий (направляющий), который определяет по компасу и выдерживает направления движения. Кроме того, назначают двух человек, которые ведут счет парам шагов. Расстояния, указанные в метрах на схеме (в таблице), переводят в пары шагов с учетом величины шага каждого счетчика.

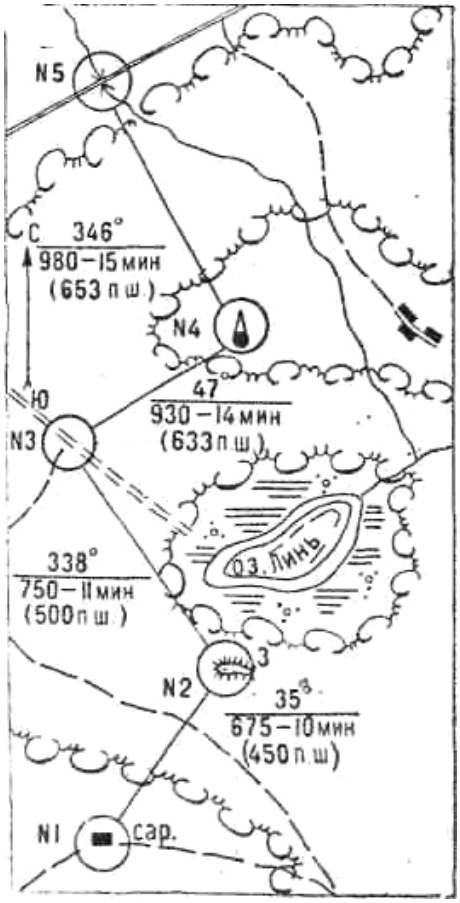


Рисунок 141 – Схема для движения по азимутам

На исходной точке маршрута направляющий определяет по компасу нужное направление движения, заданное магнитным азимутом на первую точку поворота маршрута, замечает в этом направлении промежуточный ориентир, стрелку компаса ставит на тормоз и начинает движение по возможности по прямой линии. За ним следуют счетчики пар шагов. Достигнув промежуточного ориентира, направляющий вновь определяет направление движения по компасу, намечает следующий промежуточный ориентир и движется к нему. Таким образом, он выходит к первой точке поворота маршрута. Затем все действия повторяются. Если промежуточных ориентиров не видно, то направления движения выдерживают по компасу. Для выдерживания направлений движения используют также линейные ориентиры. На открытой местности направление движения можно выдерживать по створу, оставляя позади себя через известные промежутки какие-нибудь створные знаки (веху, кол и т. п.). Оглядываясь на эти знаки следят, чтобы направление движения не уклонялось от створной линии.

Если возникнет необходимость вернуться обратно по тому же маршруту, все азимуты направлений движения по участкам следует перевести в обратные.

Обход препятствий. При движении по азимутам могут встречаться как естественные, так и искусственные препятствия (заболоченные участки, лесные завалы и т. п.), которые легче обойти, чем преодолеть. Порядок обхода зависит от ширины и характера препятствий. Если противоположная сторона препятствия видна, то в точке Л (рисунок 142) записывают количество пройденных пар шагов. Затем на противоположной стороне препятствия в направлении движения замечают какой-либо ориентир (точку В), определяют до него расстояние глазомерно и прибавляют к длине пройденного пути. После этого обходят препятствие; по его границе. В точке В определяют по компасу нужное направление и продолжают движение к очередной точке поворота маршрута.

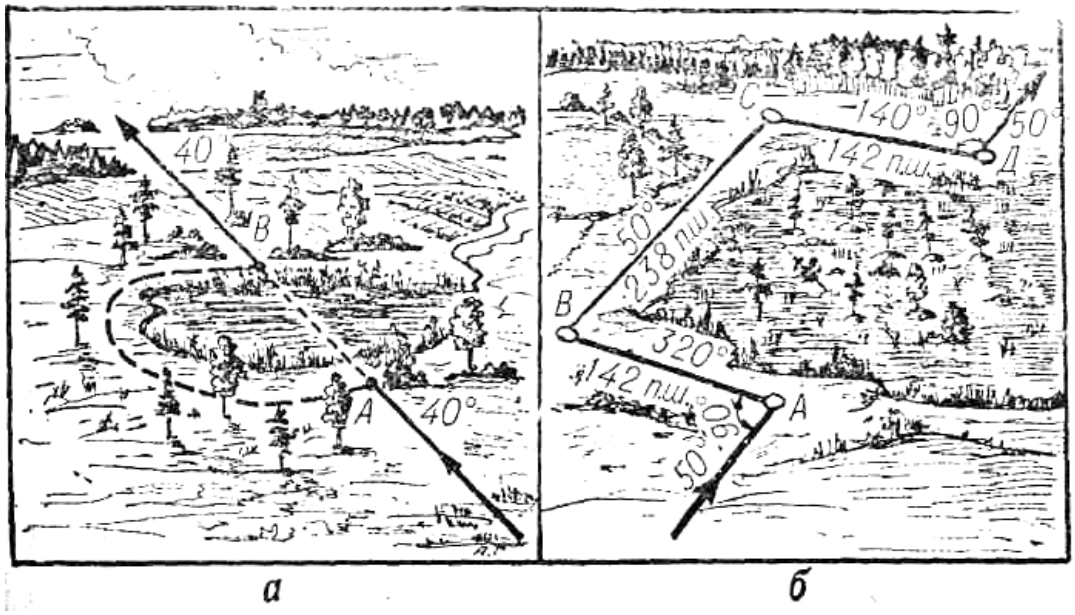


Рисунок 142 – Обход препятствий: а – противоположная сторона препятствия видна; б – противоположная сторона препятствия не видна.

В некоторых случаях замеченный за препятствием ориентир (точку В) бывает трудно опознать при подходе к нему. Чтобы проконтролировать правильность выхода к ориентиру, в точке Л. оставляют какую-нибудь заметку, например ставят веху или делают затес на дереве. При выходе в точку В определяют величину магнитного азимута на точку А (обратный азимут), который отличается от азимута заданного направления на 180°. Провизировав на точку А по обратному азимуту и убедившись, что это направление точно совпадает с направлением на точку А, продолжают движение.

Если противоположная сторона препятствия не видна, то при выходе в точку А (рисунок 142) изучают местность и намечают сторону, по которой легче обойти препятствие. После этого по компасу определяют азимут направления вдоль границы препятствия (320°) и начинают движение, ведя

счет парам шагов, до его границы. При этом необходимо строго выдерживать прямолинейность движения. На границе препятствия в точке В (любая точка на местности) делают остановку и определяют направление движения по азимуту, соответствующему направлению основного маршрута (50°). По этому направлению движутся до выхода за препятствие, (до точки С), В точке С определяют направление движения параллельное линии АВ, то есть обратный азимут направления АВ (140°). Двигаясь по направлению линии СД, отсчитывают количество пар шагов, равное измеренному по линии АВ, то есть 142 пары шагов.

В точке Д определяют по азимуту направление движения, соответствующее направлению движения до выхода к препятствию (50°) к количеству пар шагов, измеренному до точки А, прибавляют расстояние ВС (238 пар шагов) и продолжают движение к намеченной ранее точке поворота маршрута. Точность движения по азимутам. Точность выхода к точкам поворота маршрута при движении по азимутам зависит от характера местности, условий видимости, ошибок определения направлений движения и измерения расстояний. Обычно отклонение от точки поворота, к которой надо выйти, не превышает 1/10 пройденного расстояния, то есть 100 м на каждый километр пройденного пути. Поэтому, если заданное расстояние пройдено, а намеченного ориентира не видно, его следует искать в пределах окружности, радиус которой равен 1/10 расстояния, пройденного от предыдущей точки поворота.

В некоторых случаях, например при движении по азимутам зимой на лыжах, расстояния измеряют приближенно по времени и скорости движения. Чтобы избежать потери ориентировки из-за неточности измерения расстояний, на точках поворота надо выбирать хорошо видимые издали ориентиры.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Охарактеризуйте основные способы ориентирования на местности.
2. В 13.00 движение осуществлялось направлению тени. Укажите направление его движения относительно сторон горизонта.
3. Слева по ходу движения видна Полярная звезда. В каком направлении относительно сторон горизонта?
4. Какова последовательность определения магнитных азимутов по классу.
5. По какому времени мы живем?
6. В чем заключается подготовка данных для движения по азимутам?
7. Как выполняется обход препятствий при движении по азимутам?

7.2 Ориентирование на местности по карте

7.2.1 Топографическая карта основное средство ориентирования на местности

Обеспечение надежного ориентирования на местности – одно из основных назначений топографической карты. С помощью карты можно точно

определять свое местоположение, уверенно выдерживать заданный или намеченный маршрут движения, быстро ориентироваться на местности.

Значение карты как средства ориентирования особенно возрастает когда необходимо перемещаться на большие расстояния днем и ночью.

Таким образом, топографическая карта была и остается надежным путеводителем по незнакомой местности. Чтобы уверенно ориентироваться на любой местности и при ограниченной видимости, надо хорошо знать карту и уметь работать с ней.

При ориентировании на местности обычно пользуются топографическими картами масштабов 1 : 50 000 и 1 : 100 000. Выбор карты для ориентирования зависит от характера местности, протяженности маршрута, способов скорости передвижения. В малообжитых районах, на местности с крупными формами рельефа и несложной ситуацией контуров, при движении на большие расстояния по дорогам с твердым покрытием для ориентирования применяют карту масштаба 1 : 200 000. Картой этого масштаба чаще всего пользуются при визуальном ориентировании в полете на малых и предельно малых высотах на вертолете.

В зависимости от характера выполняемых задач различают ориентирование по карте на месте, например на одной точке местности в движении и в полете.

7.2.2 Ориентирование по карте на месте

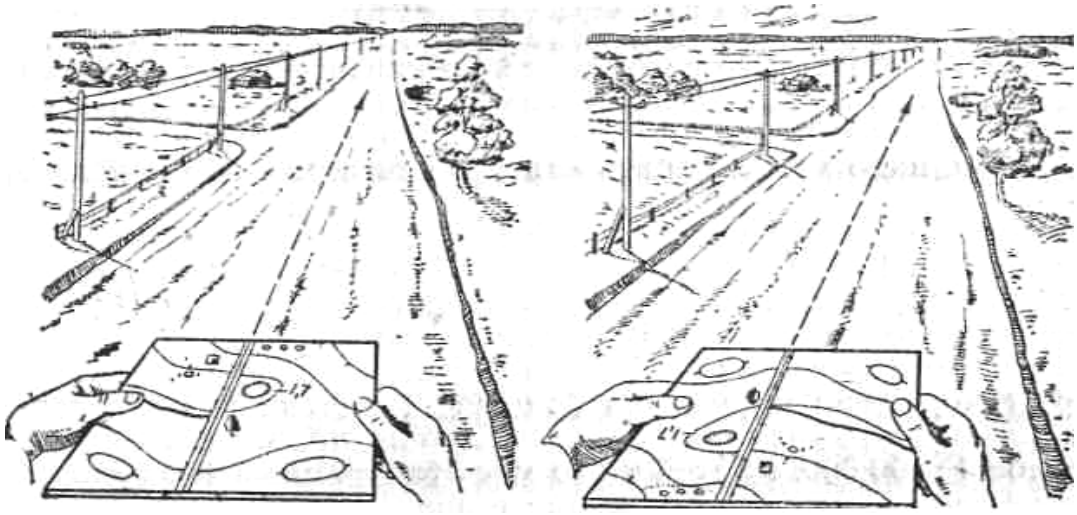
Ориентирование на месте включает ориентирование карты, Опознавание ориентиров, определение точки стояния и сличение карт с местностью. В тех случаях, когда точка стояния расположена на легко опознаваемом местном предмете (перекрестке или развилке дорог, мосту и т, п.), в первую очередь определяют её положение, а затем ориентируют карту.

Ориентирование карты. Ориентировать карту – значит расположить ее в горизонтальной плоскости так, чтобы северная (верхняя) сторона рамки была обращена на север. При таком положении карты местные предметы и формы рельефа на местности соответствуют расположению их условных знаков на карте, а линейные ориентиры на местности и на карте параллельны. Карту ориентируют по линейному ориентиру или направлению на ориентир, когда на ней заранее определена точка стояния. Если точка стояния неизвестна, карту ориентируют по направлениям на стороны горизонта.

По линейному ориентиру карту ориентируют приближенно или точно.

Для приближенного ориентирования достаточно повернуть карту так, чтобы мысленно проведенное от точки стояния направление вдоль условного знака линейного ориентира, например дороги, на карте совпало с направлением этого ориентира на местности. Затем проверяют, все ли местные предметы и формы рельефа, расположенные слева и справа от дороги, имеют такое же расположение на карте. Если это условие выполнено, карта ориентирована правильно.

При точном ориентировании карты используют визирную линейку или карандаш. Приложив линейку к условному знаку линейного ориентира (рисунок 143) совмещают ее направление с направлением ориентира на местности. После этого проверяют расположение местных предметов и форм рельефа относительно ориентира.



Карта ориентирована правильно Карта ориентирована неправильно

Рисунок 143 – Ориентирование карты по линейному ориентиру

По направлению на ориентир (рисунок 144) карту ориентируют так же, как и по линейному ориентиру.

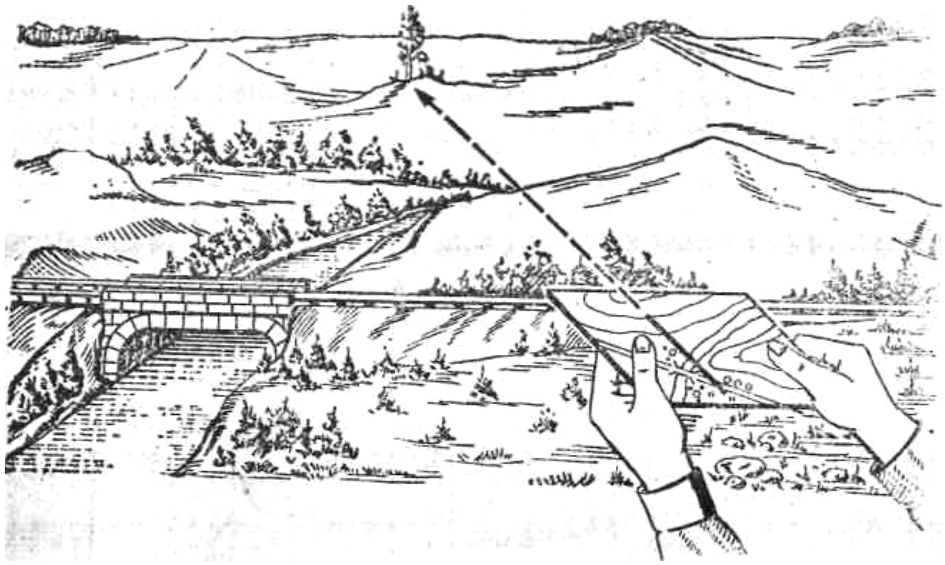


Рисунок 144 – Ориентирование карты по направлению на ориентир

Отличие состоит лишь в том, что вместо линейного ориентира используют направление от точки стояния на какой-либо удаленный местный предмет (отдельное дерево, мост, геодезический знак, то есть точечный ориентир), едино опознанный на местности и на карте.

По направление на стороны горизонта карту ориентируют обычно помощью компаса. Такое ориентирование применяется, когда не определено свое местоположение на карте или с точки стояния не видно ориентиров.

При приближенном ориентировании карты вначале по компасу определяют направление на север, затем поворачивают карту так, чтобы верхняя (северная) сторона ее и рамка были обращены на север. Направление на север может быть определено и другими способами, например по Полярной звезде, признакам местных предметов, Луне или Солнцу.

При точном ориентировании карты с помощью компаса указатель отсчета компаса устанавливают против деления шкалы, равного поправке направления (рисунок 145,*а*) – если компас устанавливают на вертикальной линии координатной сетки, или величине магнитного склонения (рисунок 145,*б*) – если компас устанавливают на западную или восточную сторону рамки карты.

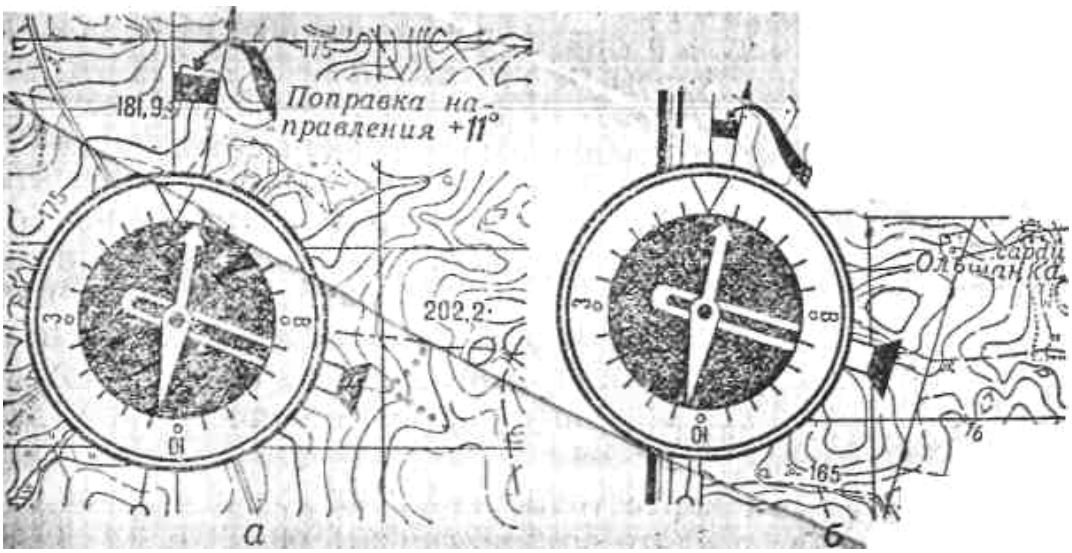


Рисунок 145 – Ориентирование карты по компасу: *а* – компас установлен на вертикальной линии координатной сетки; *б* – компас установлен на боковой (западной) стороне рамки карты

При положительной поправке, (магнитном отклонении) указатель отсчета устанавливают вправо от нулевого деления шкалы компаса, а при отрицательной – влево.

Затем компас устанавливают на карту так, чтобы нулевой диаметр его шкалы (линейка компаса АК) совпал с вертикальной линией координатной сетки или с одной из боковых сторон рамки карты, а нулевой отсчет шкалы был направлен к северной стороне рамки карты. Не меняя положения компаса, карту поворачивают в горизонтальной плоскости до тех пор, пока северный конец магнитной стрелки не установится против отсчета, который предварительно был установлен на шкале.

Если поправка направления (величина магнитного склонения) меньше 3°, то есть равна цене деления шкалы компаса, она при ориентировании карты не учитывается.

Опознавание ориентиров. Вначале опознают на местности и ориентированной карте площадные и линейные, ориентиры. Если не удается опознать общие для карты и местности ориентиры, следует переместиться, чтобы открылась видимость на другие местные предметы и формы рельефа, и попытаться опознать эти ориентиры на карте. При отыскании на карте объектов, наблюдаемых на местности, учитывают их взаимное положение и положение относительно сторон горизонта. После опознавания крупных объектов опознают наблюдаемые на местности окружающие точечные ориентиры.

Определение на карте точки стояния. Точка стояния может бытъ определена на карте по ближайшим ориентирам на глаз, промером расстояния, по направлению на ориентир и расстояния до него, по створу, засечкой, способом Болотова, по обратным дирекционным углам. Способ выбирается с учетом имеющегося времени, условий обстановки и требуемой точности.

По ближайшим ориентирам на глаз точку стояния определяют на ориентированной карте. Вначале опознают на местности и карте два-три ближайших ориентира и определяют на глаз расстояния до них. Затем по расстояниям с учетом направлений на ориентиры намечают точку стояния на карте (рисунок 146). При этом, чем дальше, удалены ориентиры, тем больше ошибка в определении точки стояния. В. холмистой и горной местности в качестве ближайших ориентиров часто используют характерные формы рельефа.

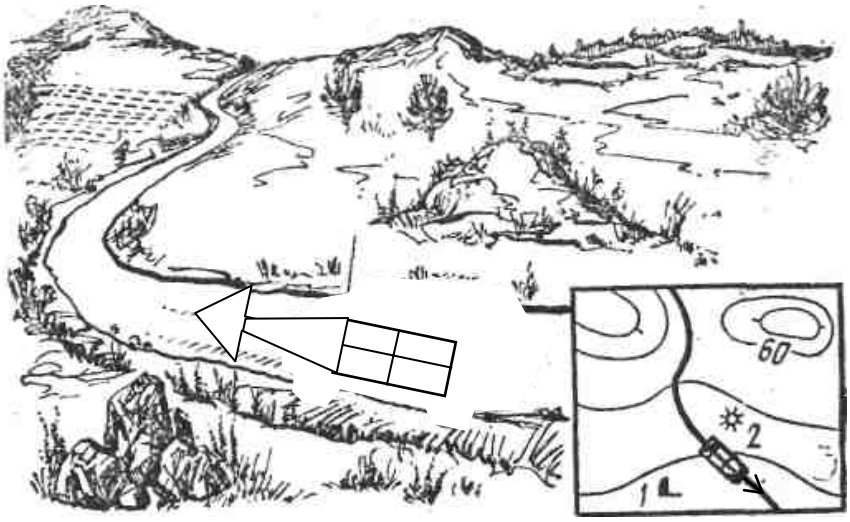


Рисунок 146 – Определение точки стояния по ближайшим ориентирам.

Промером расстояния. Этот способ применяется преимущественно при движении вдоль линейных ориентиров (дорог, просек и т. п.) на закрытой местности, в условиях ограниченной видимости и при движении по азимутам.

На исходном пункте перед началом движения записывают отсчет по спидометру машины. Для определения точки стояния следует на карте отложить в направлении движения расстояние, пройденное от исходного пункта. Если движение совершается без машины, расстояние измеряют шагами или по времени движения. Точность определения своего местоположения этим способом зависит главным образом от точности измерения пройденного расстояния на местности.

По направлению на ориентир и расстоянию до него точка стояния может быть определена, если на местности и карте опознан только один ориентир. В этом случае ориентируют карту по компасу с учетом поправки направления, на карте к условному знаку опознанного местного предмета прикладывают линейку, визируют ее на ориентир на местности, прочерчивают прямую линию и откладывают на ней расстояние от ориентира. Полученная на линии визирования точка и будет искомой точкой стояния. Визировать на опознанный ориентир, можно и по карандашу, установленному вертикально. Передвигая его от условного знака ориентира на себя, прочерчивают на карте линию, на которой откладывают расстояние, предварительно измеренное шагами, или на глаз.

По створу. Створом называется прямая линия, проходящая через точку стояния и две другие характерные точки местности (ориентиры).

Если машина находится на линии створа, ее местоположение на карте может быть определено одним из следующих приемов:

– по створу и линейному: ориентиру (рисунок 147). Находясь на линейном ориентире (дороге) и в створе с двумя местными предметами, достаточно прочертить на карте прямую линию через условные знаки местных предметов (ориентиров). Точка пересечения линии створа с дорогой и будет искомой точкой стояния;

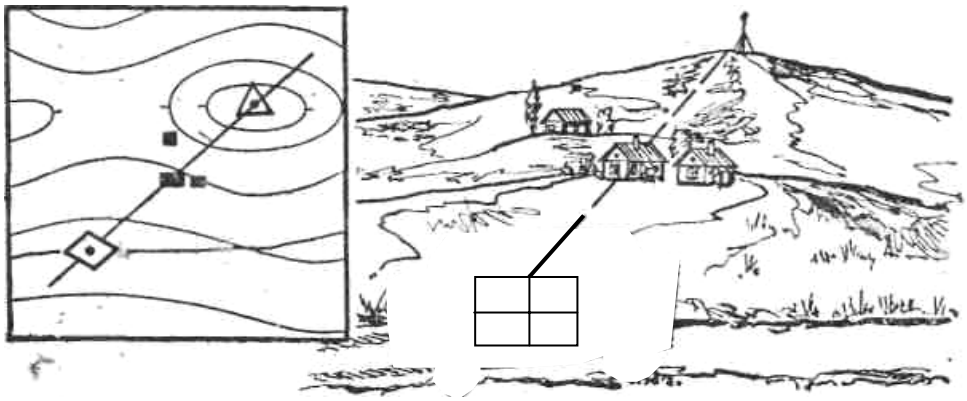


Рисунок 147 – Определение точки стояния по створу и линейному ориентиру

– по створу и боковому ориентиру (рисунок 148). Вначале ориентируют карту по линии створа, а затем, приложив линейку к условному знаку бокового ориентира (отдельного дерева), визируют на него и прочерчивают

по линейке прямую до пересечения с линией створа. В пересечении линии створа с линией визирования на ориентир и будет находиться точка стояния;

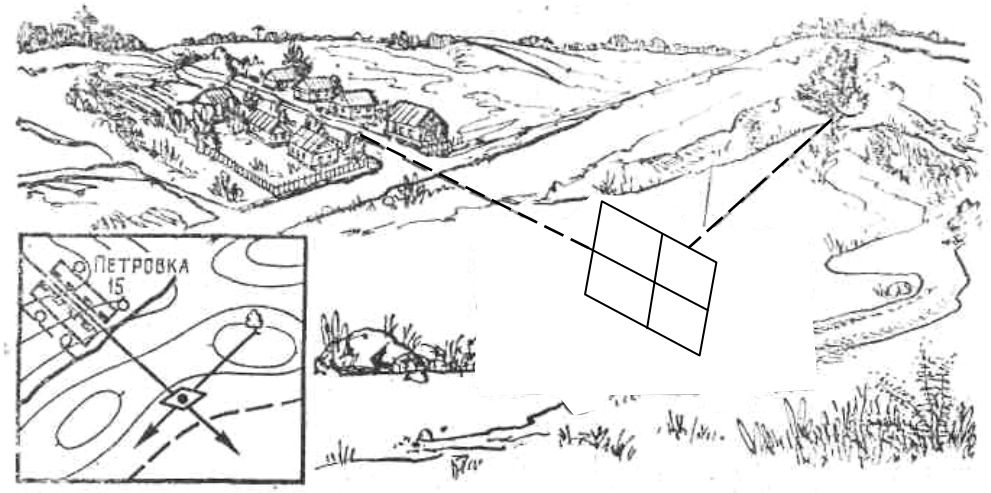


Рисунок 148 – Определение точки стояния по створу и боковому ориентиру

– по измеренному расстоянию, которое откладывают от ближайшего ориентира по линии створа. Полученная на прямой точка, будет точкой стояния. Расстояние измеряют одним из простейших способов.

Засечкой точку стояния можно определять при условии хорошего обзора местности и наличия на ней местных предметов и форм рельефа, которые могут служить надежными ориентирами. Засечку выполняют по боковому ориентиру или по двум-трем ориентирам (обратная засечка).

Засечкой по боковому ориентиру (рисунок 149) местоположение определяют, как правило, при движении вдоль линейного ориентира.

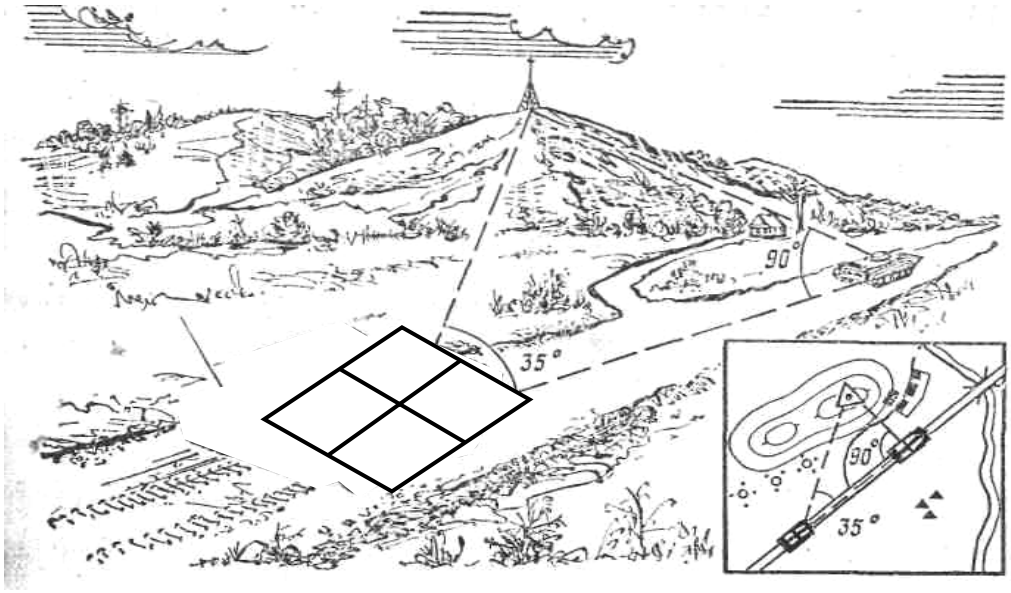


Рисунок 149 – Определение точки стояния засечкой по боковому ориентиру

Вначале ориентируют карту по дороге, опознают на ней изображение хорошо видимого на местности предмета (ориентира), прикладывают к условному знаку ориентира линейку и визируют на него. Затем, не изменяя положения линейки, прочерчивают на карте прямую линию до пересечения с условным знаком дороги (линейного ориентира). Место пересечения прочерченной линии с условным знаком дороги будет искомой точкой стояния.

Этим способом наиболее точно определяют свое местоположение на карте, если направление на боковой ориентир пересекается с направлением движения под прямым углом. Такой способ называется засечкой по перпендикуляру. При засечке по трем ориентирам (рисунок 150) карту ориентируют по компасу и опознают на ней и местности три удалённых ориентира.

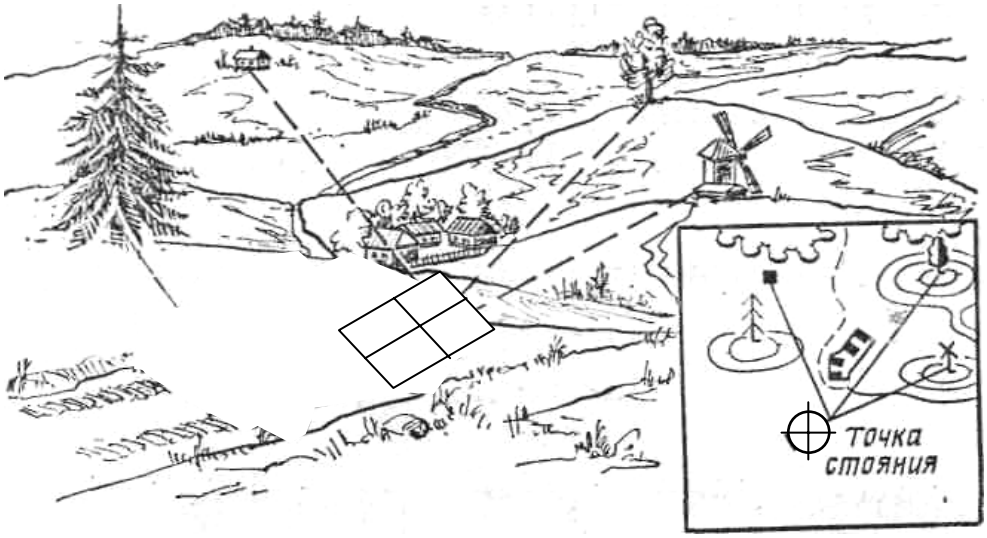


Рисунок 150 – Определение точки стояния засечкой по трем ориентирам (обратной засечкой)

Затем, как и в предыдущем случае, визируют поочередно выбранные ориентиры и прочерчивают по линейке на карте направления от ориентиров на себя. Все эти направления должны пересечься в одной точке, которая будет точкой стояния. Такая засечка называется обратной. При выборе ориентиров необходимо, чтобы направления, прочерченные на карте, пересекались в точке стояния под углом 30 – 150°. Это обеспечивает более высокую точность определения точки стояния. В обратной засечке третье направление служит контрольным. Если на карте образуется треугольник со сторонами не более 2 мм, точку стояния намечают в его центре. При большем значении сторон треугольника засечку повторяют. Способ Болотова – засечка по измеренным; (построенным) углам (рисунок 151) выполняется в такой последовательности:

– измеряют с помощью компаса или другим каким-либо способом горизонтальные углы между тремя ориентирами, выбранными вокруг точки стояния и четко изображенными на карте;

– строят измеренные углы на прозрачной бумаге при произвольно намеченной точке, принимаемой за точку стояния. Эти углы могут быть по-

строены также непосредственным визированием с помощью линейки на выбранные ориентиры на местности.

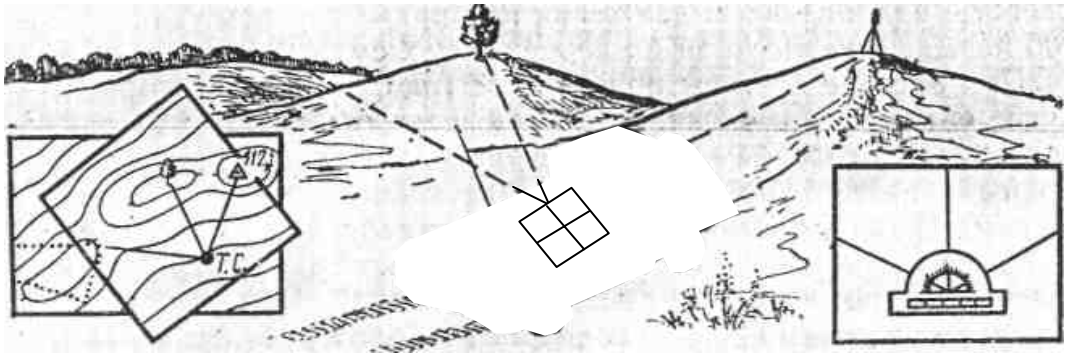


Рисунок 151 – Определение точки стояния засечкой по измеренным (построенным) углам

– накладывают бумагу на карту так, чтобы каждое прочерченное на ней направление прошло через условный знак того ориентира, на который оно проведено при построении по измеренным углам или визировании;

– совместив все направления с соответствующими им условными знаками ориентиров, перекалывают на карту, намеченную на листе бумаги точку, при которой построены направления. Эта точка и будет точкой стояния.

По обратным дирекционным углам (рисунок 152).

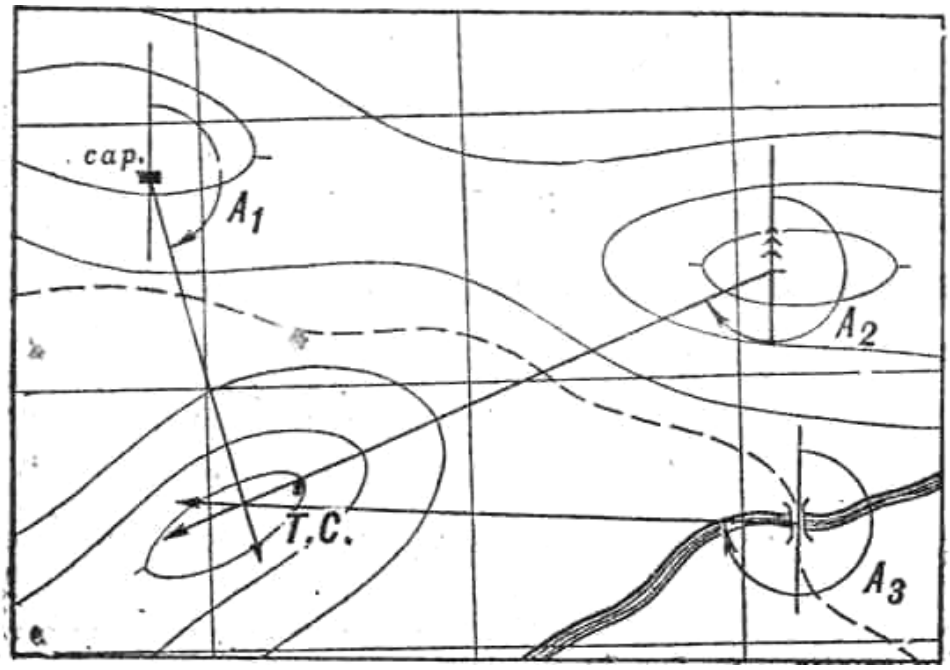


Рисунок 152 – Определение точки стояния засечкой по обратным дирекционным углам

В этом случае измеряют компасом прямые азимуты с точки стояния на два-три ориентира, видимые на местности и опознанные на карте, и переводят их в обратные или измеряют обратные азимуты, отсчитывая их вели-

чины на шкале компаса против указателя, расположенного у целика. Магнитные азимуты, переводят в дирекционные углы (см. раздел 6.1.2). Построив эти углы при соответствующих ориентирах, на карте прочерчивают направления до пересечения друг с другом. Точка пересечения направлений и будет точкой стояния.

Сличение карты с местностью выполняют в целях уточнения положения местных предметов, изображенных на карте, и выявления местных предметов, не показанных на ней. Начинают сличение с крупных местных предметов, находящихся в поле зрения наблюдателя, а затем переходят к более мелким. Это позволяет быстро и полно изучать окружающую местность, выявлять изменения, происшедшие на ней с момента создания карты. При сличении уточняют свое местоположение.

Чтобы найти на ориентированной карте изображение местного предмета, надо оценить на глаз расстояние до него и мысленно или по линейке отложить это расстояние в масштабе на карте отточки стояния по направлению на предмет. Затем по отложенному расстоянию найти изображение (условный знак) предмета на карте.

При решении обратной задачи, то есть нахождений, на местности местного предмета, изображенного на карте, надо определить по карте расстояние от точки стояния до искомого местного предмета и направление на него. По этим данным отыскать предмет на местности.

При определении на карте наблюдаемого местного предмета, удаленного на большое расстояние или находящегося в группе однородных местных предметов измеряют на местности угол направления и расстояние до него (рисунок 153). Измеренный угол строят на карте и по расстоянию находят на ней условный знак местного предмета. Для более точного и надежного определения направления на местный предмет с помощью компаса измеряют магнитный азимут и вычисляют дирекционный угол этого направления. Затем по значению дирекционного угла прочерчивают на карте направление, на котором откладывают в масштабе карты измеренное расстояние.

7.2.3 Ориентирование на местности по карте в движении

Уверенное ориентирование на местности по карте в движении во многом зависит от подготовки к ориентированию. В зависимости от характера местности на марше ориентируются, как правило, по карте масштаба 1 : 100 000 или 1 : 200 000. Подготовка к ориентированию включает выбор, изучение маршрута, подъем его на карте установленным порядком, измерение протяженности маршрута и отдельных его участков, а также азимутов направлений на участках, где ориентирование затруднено, проверку исправности компаса и спидометра.

Выбор и изучение маршрута. Маршрут движения выбирают по карте с учетом условий проходимости, свойств местности. Предпочтение отдают дорогам с твердым покрытием, на которых меньше мостов и путепроводов.

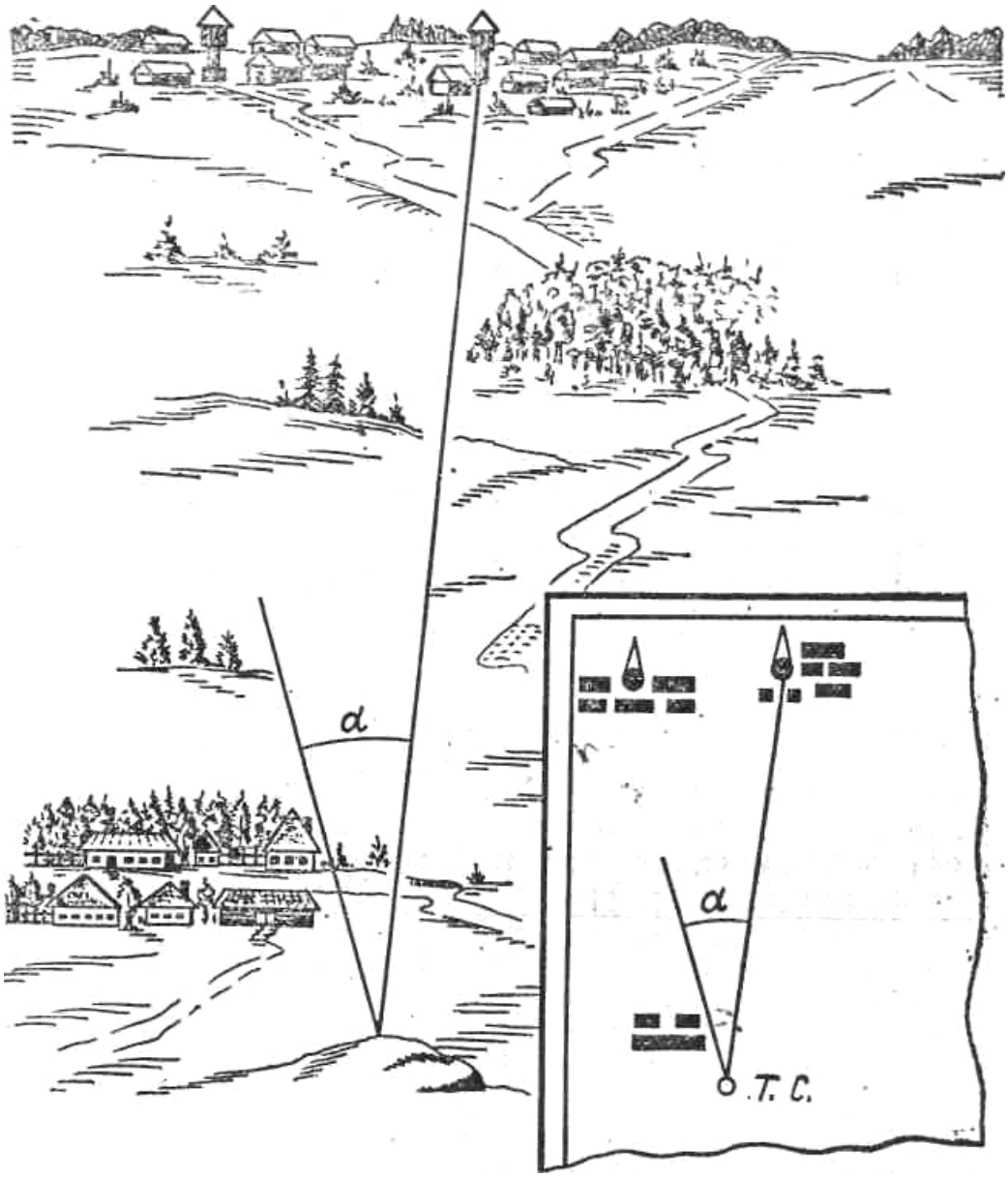


Рисунок 153 – Опознавание на карте удаленных объектов

При выборе маршрута учитывают возможность затопления полотна дороги при разрушении плотин на реках и водохранилищах. Изучают и планируют пути объезда мостов, путепроводов и мест затопления.

Маршрут и прилегающую к нему местность в полосе 3 – 5 км изучают по карте с привлечением по возможности аэрофотоснимков и других материалов.

Вначале просматривают на карте весь маршрут, уясняют характеристики дорог и особенности прилегающей к ним местности, наличие придорожных сооружений, которые могут служить надежными ориентирами. Особенно тщательно изучаюся места поворотов маршрута, перекрестков и развилок дорог, въездов в населенные пункты и выездов из них.

По всему маршруту через 5 – 10 км выбирают контрольные ориентиры – наиболее устойчивые объекты местности, легко опознаваемые при

подъезде к ним. Контрольные ориентиры выбирают в местах, где особенно важно убедиться в правильности выдерживания направления движения (на перекрестках и развилках дорог, поворотах маршрута, выходах из населенных пунктов и т. п.).

Подъем маршрута на карте. Маршрут на карте поднимают цветным карандашом коричневого цвета, ориентиры обводят кружками (рисунок 154). Вдоль маршрута (дороги с твердым покрытием) проводят сплошную линию, которая не должна закрывать условный знак дороги, а также по возможности условные знаки ориентиров вдоль нее. Путь поднимают по карте прерывистой линией.

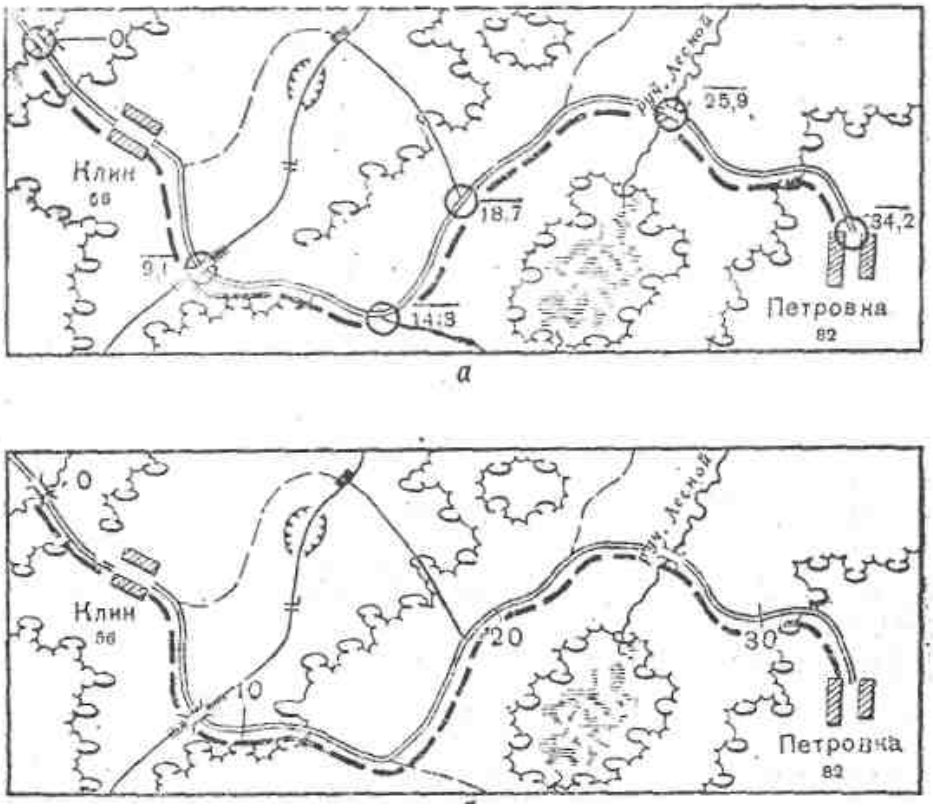


Рисунок 154 – Оформление маршрута движения на карте:
а –правильно; б – неправильно

Расстояния между контрольными ориентирами измеряют с учетом поправки за рельеф и извилистость маршрута (см. разд. 6.10) и подписывают около обозначений ориентиров нарастающим итогом от исходного пункта. На исходном пункте перед началом движения эти расстояния переводят в показания спидометра и также подписывают, на карте около обозначений у контрольных ориентиров.

При подготовке к движению в условиях, неблагоприятных для ориентирования, определяют и подписывают на карте магнитные азимуты направлений движения по маршруту, чтобы можно было быстро перейти к ориентированию в пути по компасу.

Ориентирование в пути. Во время движения карту держат перед собой ориентированной, постоянно сличают ее с местностью, следят за проездом намеченных ориентиров, сверяя показания спидометра.

В движение к карте обязательно обращаются при подходе к перекрестку или развилке дорог. Примерно за 200–500 м до поворота водителю указывают место предстоящего поворотами направление дальнейшего движения, например: «Через 300 М поворот направо на просеку».

При въезде в лес или на участок, где мало ориентиров, записывают показания спидометра. Это позволяет в любой момент определить свое местоположение по пройденному расстоянию.

К наблюдению за ориентирами в пути, особенно при движении ночью обычно привлекают всех людей. Для этого их предварительно знакомят с маршрутом движения, а в ходе движения заранее предупреждают о предстоящем появлении ориентира.

Таким образом, осуществляется непрерывное ориентирование, которое обеспечивает правильность выдерживания указанного направления движения.

При необходимости объезда встретившихся на маршруте районов пожаров, завалов, затоплений направления движения чаще всего выдерживают по азимутам. В этих случаях перед препятствием точно определяют свое местоположение и записывают показание спидометра. Затем изучают по карте характер местности и намечают с учетом ее проходимости путь объезда обычно вдоль линейных ориентиров (по просекам, вдоль рек и т. д.). Намеченный маршрут на карте поднимают тонкой линией, измеряют его протяженность, определяют магнитные азимуты направлений между пунктами поворота (см. раздел 6.12.6.).

При движении по автострадам, усовершенствованным шоссе, легко ориентироваться по путевым дорожным знакам (указателям наименований пунктов, расстояний до населенных пунктов) по маршруту и в стороне от него, маршрутным маркам, указывающим номера дорог, и т. п.

7.2.4 Особенности ориентирования в различных условиях местности

Ориентирование в лесной местности. Лес беден ориентирами, В нем ограничена дальность видимости. Это затрудняет сличение карты с местностью. Ориентирами в лесу служат в основном перекрестки дорог и просек, реки, ручьи, глубокие лощины, овраги, высоты, населенные пункты, отдельные строения. Движение в лесу совершают обычно по дорогам и просекам. При ориентировании необходимо учитывать, что отдельные лесные дороги и временные, иногда хорошо наезженные дороги; проложенные на лесные делянки и луга, на топографических картах, особенно на картах масштабов 1 : 100 000 и 1 : 200 000, могут быть не показаны.

Направление движения в лесу выдерживают, как правило, по азимутам, а свое местоположение определяют по пройденному расстоянию. Около

обозначений надежно опознанных крупных местных предметов (ориентиров) на карте записывают (контролируют) показания спидометра и магнитный азимут направления движения, измеряемый с помощью компаса. В пути тщательно следят за поворотами маршрута, развилками дорог, перекрестками просек, заранее ожидая их появления. Общее направление движения контролируют по небесным светилам.

Ориентирование в горах. Движение в горах совершают обычно по дорогам и тропам в горных проходах, через перевалы, вдоль ручьев и рек. Для горного маршрута характерны крутые подъемы и спуски, частые изменения направления движения и условий обзора местности. Все это усложняет ориентирование. В связи с большой прозрачностью воздуха, преобладанием крупных форм рельефа в горах расстояния до удаленных местных предметов кажутся меньше действительных. Знакомые очертания горных вершин иногда трудно опознать при их обзоре с другой стороны. Ориентирами в горах обычно служат характерные элементы и формы рельефа вершины, ущелья, угловатые выступы скал, ледники, отдельные группы деревьев. Характерные контуры лесных массивов, реки, ручьи, дороги, тропы, мосты, выемки и насыпи на дорогах, отдельные постройки, развалины древних крепостей, памятники, могилы и т. д.

В горах часто встречаются локальные магнитные аномалии, что ограничивает использование компаса для определения сторон горизонта и выдерживания направления движения. В пути направление движения часто контролируют по небесным светилам или удаленным заснеженным вершинам гор, хорошо видимым с многих точек маршрута.

Ориентирование в пустынно-степной местности. Ориентирование в пустыне затрудняется ее однообразием. По маршруту редко встречаются местные предметы, которые могут служить ориентирами. Отрицательно влияют на условия ориентирования также сильный зной, миражи и большая запыленность воздуха. Расстояния до местных предметов в пустыне всегда кажутся меньше действительных. Повышенная конвекция воздуха днем снижает точность измерения расстояний с помощью дальномеров. В песках увеличивается пробуксовка машин, что затрудняет пользование спидометром.

Движение совершают, как правило, по азимутам. Заданные направления движения выдерживают с помощью компаса.

Ориентирами в пустыне служат курганы, такыры, колодцы, русла высохших рек оазисы, развалины и различные сооружения, связанные с религией. При благоприятных условиях видимости многие ориентиры просматриваются издали. В качестве вспомогательных ориентиров могут быть использованы небесные светила, следы от машин, а также расположение дюн, барханов и ряби на песке, что связано с направлением господствующих ветров и практически постоянно для обширных территорий пустынной местности.

Ориентирование в крупном населенном пункте. Маршрут движения через крупный населенный пункт намечают, как правило, по главным и магистральным улицам. На топографических картах такие улицы

выделяют условными знаками увеличенных размеров. Продолжением этих улиц часто бывают шоссейные дороги, подходящие к населенному пункту.

Повороты маршрута намечаются около ориентиров, которые легко опознаются на местности и карте (мосты, путепроводы, стадионы и др.). Ориентирование на местности значительно облегчается при использовании плана города, на котором с большой подробностью отображаются особенности планировки населенного пункта и ориентиры.

При подходе к городу тщательно сличают план с местностью, точно определяют место въезда в населенный пункт. В самом городе план ориентируют по направлению улицы, по которой совершается движение, и внимательно сличают перекрестки улиц, площади, скверы, памятники с их изображением на плане. Важное значение при движении по населенному пункту имеет своевременное предупреждение водителя о поворотах на маршруте, так как проезд намеченного поворота может привести к потере ориентировки.

В районах сейсмических разрушений сличение топографической карты, с местностью, как правило, затруднено. Значительно усложняется определение по карте своего местоположения и выдерживание намеченного направления движения.

Для ориентирования в таких районах в дополнение к карте могут использоваться аэрофотоснимки и фотосхемы. Направление движения выдерживают обычно по компасу.

При ориентировании в движении по сильно измененной местности очень важно уметь быстро сличать топографическую карту с местностью по тем ее элементам и объектам, которые не подверглись сильным изменениям (элементы рельефа гидрографии и т. п.).

Ориентирование ночью. Многие местные предметы, которые днем легко опознаются, в ночной темноте становятся трудноразличимыми, внешний вид и очертания их меняются. Расстояния до предметов всегда кажутся большими, чем днем. В темноте напрягается зрение, быстрее наступает усталость, ухудшается, восприятие местности. Все это существенно затрудняет ориентирование.

При движении ночью маршрут выбирают по возможности вдоль линейных ориентиров, что облегчает выдерживание направления движения. Контрольные ориентиры по маршруту, намечают на более близких расстояниях друг от друга, чем при движении днем. При подготовке к движению изучают маршрут по карте, чтобы знать на память его начертание, характер дорог по участкам, контрольные ориентиры. В пути направление движения выдерживают по азимутам или вспомогательным ориентирам (небесным светилам, удаленным огням). Свое местоположение на карте в движении определяют чаще всего по пройденному расстоянию, откладывая его от исходного пункта или контрольного ориентира по направлению движения.

Восстановление потерянной ориентировки. Ориентировка считается потерянной, когда на карте не могут определить свое местоположение. Различают частичную и полную потерю ориентировки.

Частичная потеря ориентировки наиболее вероятна при небрежном сличении карты с местностью по маршруту движения. Она возможна как днем, так и ночью. Для восстановления ориентировки снижают скорость движения и путем внимательного сличения карты с местностью опознают крупные местные предметы и формы рельефа, по которым определяют свое местоположение.

При движении ночью и в условиях ограниченной видимости из-за недостаточных навыков в ориентировании может произойти отклонение от маршрута, что ведет, как правило, к полной потере ориентировки. Для ее восстановления необходимо вначале; ориентировать карту по сторонам горизонта с помощью компаса, определить магнитный азимут направления движения и записать на карте показания спидометра и время, затем попытаться сличить карту с местностью. Если восстановить ориентировку не удается, можно воспользоваться следующими приемами определения района вероятного нахождения места остановки.

Графическое определение на карте района местонахождения. На ориентированной карте от условного знака последнего пройденного ориентира, который был уверенно опознан, проводят прямую соответствующую направлению последнего участка движения. На прямой откладывают пройденное расстояние от ориентира, которое определяет дальнюю границу района местонахождения. Расстояние определяют по спидометру или по времени движения. От дальней границы района местонахождения радиусом, равным 1/4 пройденного пути от ориентира, в сторону этого ориентира проводят полуокружность, которая ограничивает вероятный район местонахождения. Этот район внимательно сличают с картой и по местным предметам определяют свое местоположение.

По линейному ориентиру. При выходе к линейному ориентиру определяют его направление по сторонам горизонта. Затем на карте отыскивают условный знак этого ориентира, азимут направления которого равен азимуту направления линейного ориентира на местности. При сличении карты с местностью учитывают формы рельефа. Опознав ориентир, двигаются вдоль него до какого-либо точечного ориентира, где и определяют свое местоположение.

7.2.5 Ориентирование по карте в полете

Визуальная ориентировка. Определение в полете местонахождения вертолета (самолета) по опознанным на местности и карте ориентирам называется визуальной ориентировкой. На малых и предельно малых высотах ориентируются обычно по карте масштаба 1:200 000, постоянно сличая ее с местностью. Направление полета выдерживают, как правило, по магнитному компасу или какому-либо другому навигационному прибору (гирополукомпасу, радиокомпасу).

Ориентирование в полете по сравнению с ориентированием местности отличается рядом особенностей. Местные, предметы и формы рельефа имеют

необычный вид в плане и в перспективе сверху; в полете на малых высотах они быстро уходят из поля зрения. С увеличением высоты полета местность закрывается дымкой и видимость ориентиров ухудшается. Усложняют условия ориентирования также шум и вибрация.

Средние дальности видимости ориентиров в полете днем приведены в таблице 47

Таблица 47 – Средние дальности видимости ориентиров полете днем

Высота полёта, м	Средняя дальность видимости, км					
	Населённого пункта		Реки, озера		Шоссейной железной дороги	Леса
	крупного	мелкого	крупного	мелкого		
200	8	3,5	4	2	3,5	3,5
300	12	5	5	3	5	5
500	18	7	10	8	9	10

В зависимости от выполняемых с использованием вертолета задач и порядка сличения карты с местностью различают общую ориентировку, когда известен лишь район полета, а ошибка определения местонахождения может составлять 2 – 5 км, и детальную, с ошибкой несколько сотен метров. Обычно при полете к району выполнения работ осуществляется общая ориентировка. Над районом переходят к детальной ориентировке. Она необходима при визуальной оценки местности и отдельных участков рекогносцировке, для проведения работ, а также при обследовании районов затоплений, пожаров и в других случаях.

Уверенное ориентирование по карте с вертолета во многом зависит от подготовки к полету.

Изучение района полета и прокладка маршрута. Перед полетом местность изучают по картам и аэрофотоснимкам, позволяющим представить ее в том виде, как она наблюдается с воздуха.

Предварительно поднимают на карте линейные ориентиры, ограничивающие район полета. Для удобства изучения его делят на секторы (северный, южный) или части (степную, горную).

Вначале изучают и запоминают, линейные ориентиры, их направления по сторонам горизонта. Линейные ориентиры составляют как бы каркас всего района полета. Затем изучают характерные площадные и точечные ориентиры, заполняющие этот каркас.

При выборе маршрута полета учитывают условия ориентирования и свойства местности. В целях безопасности полета тщательно изучают объекты, имеющие значительную высоту. По маршруту на карте равномерно поднимают ориентиры, которые хорошо опознаются с воздуха: перекрестки шоссейных и железных дорог, озера, острова, крупные населенные пункты, характерные изгибы равнинных рек и др. Поднятые ориентиры соединяют прямыми линиями (рисунок 155). Для каждого отрезка маршрута определяют

азимут направления, расстояние и время полета, их значения подписывают на карте. После этого карту складывают гармошкой вдоль маршрута.

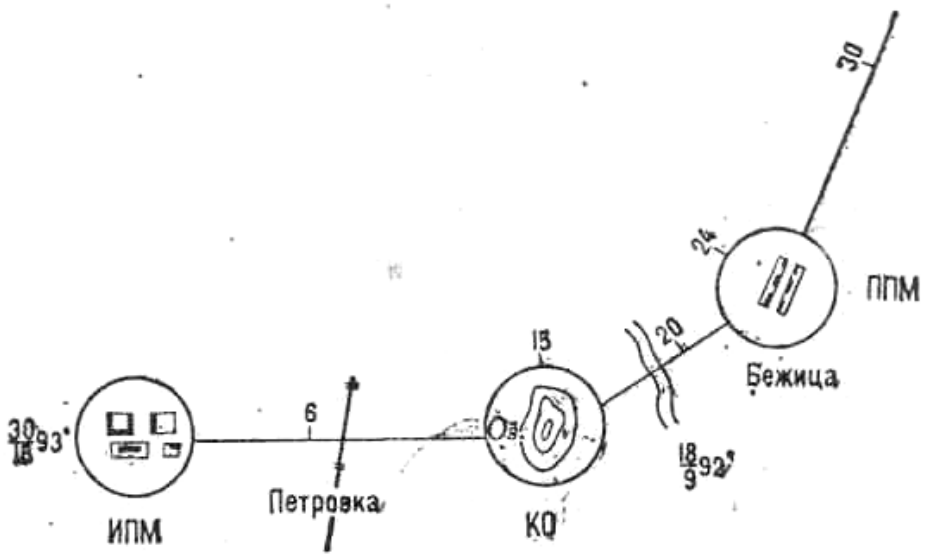


Рисунок 155 – Оформление маршрута полета на карте: ИПМ – исходный пункт маршрута – в числителе дроби – расстояние в километрах (30), в знаменателе – время полета в минутах (15), рядом с дробью – магнитный путевой угол (93°); ППМ – поворотный, пункт маршрута; КО – контрольный ориентир; 6, 15, 20, 24, 30 – расстояния от ИПМ в километрах, соответствующие 6, 15, 20, 24, 30 минутам полета от ИПМ.

Ориентирование в полете. При общей ориентировке карту ориентируют по направлению на стороны горизонта, и следят, чтобы линия маршрута на ней была параллельна продольной оси вертолета то есть, направлена по курсу. Наблюдение ведется обычно вперед и в сторону. Это позволяет просматривать большую площадь, что облегчает сличение карты с местностью. В полете следят за крупными линейными ориентирами, направление которых совпадает с курсом, и отмечают на карте пролет достоверно опознанных площадных (точечных) ориентиров, видимых в стороне от маршрута.

При визуальной ориентировке на местности часто встречаются ориентиры, похожие друг на друга. Их распознают по главным признакам: размерам, окраске и конфигурации.

Детальная ориентировка ведется с некоторым упреждением. Вначале опознают прямо по курсу внизу в радиусе видимости крупные ориентиры, а затем мелкие вблизи от вертолета. Местоположение вертолета (МВ) определяют в момент пролета над ориентиром. Оно отмечается на карте крестиком размером 8 – 10 мм с указанием времени.

В случае полной потери ориентировки (из-за недостаточной подготовки к полету или ухудшения видимости) уточняют азимут, направления

полета (курс) и ориентировку карты. От ранее отмеченной на карте точки МВ по направлению, времени и скорости полета определяют на карте район вероятного местонахождения. Сличая карту с местностью, опознают ориентиры вначале под вертолетом, а затем вдали от него. По опознанным ориентирам уточняют местоположение вертолета.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Перечислите способы ориентирования карты и укажите, в каких случаях применяется тот или иной способ ориентирования карты.
2. В чем сущность сличения карты с местностью? Как опознают на карте местные предметы, удаленные на большие расстояния и находящиеся в группе однородных предметов?
3. В чем заключается ориентирования на местности?
4. Перечислите мероприятия по обеспечению ориентирования на местности.
5. Что включает подготовка к ориентированию на местности по картам в движении?
6. Расскажите порядок работы при ориентировании на местности по карте в движении.
7. В чем заключаются особенности ориентирования по карте в лесной местности, в порах, в пустынно-степной местности?
8. В чем заключаются особенности ориентирования по карте в крупных городах?
9. В чем различие порядка работы при ориентировании на местности по карте днем и ночью?
10. Назовите способы восстановления потерянной ориентировки.
11. Расскажите о сущности визуального ориентирования в полете.
12. Чем отличается подготовка к ориентированию в полете от подготовки к ориентированию на местности в движении.

8 Изучение и оценка местности

8.1 Способы и методика изучения местности

Изучение и оценка местности при организации заключаются в уяснении ее свойств тип почвогрунтов, уровень грунтовых вод и др. их влияния на предстоящую деятельность людей. При этом учитывают возможные изменения местности, метеорологические условия, время года и суток. На основе изучения и оценки делают выводы, необходимые для принятия решения по оптимальному использованию благоприятных свойств местности и ограничению ее отрицательного воздействия.

Процесс изучения и оценки местности носит творческий характер. Он сопровождается анализом различно действующих факторов и поиском способов наиболее эффективного решения задач.

Способы изучения местности. Местность изучают по топографическим картам, личным осмотром во время рекогносцировки местности, по специальным картам и аэрофотоснимкам. Сведения о местности могут быть получены также из справочных материалов (описаний местности, справок и т. п.).

По топографической карте можно быстро и достаточно подробно изучать местность на большой площади, производить необходимые измерения и расчеты, точно определять местоположение изучаемых объектов. Поэтому изучение местности по карте является, самым распространенным и основным способом. При планировании и организации работ местность предварительно изучается по карте.

При изучении местности по карте необходимо учитывать, что она не имеет всех данных, необходимых для производства работ. На карте не отображаются сезонные изменения местности, которые могут существенно изменить ее свойства. Поэтому местность изучают постоянно. Полученные из различных источников сведения о ней наносят на карту и учитывают при принятии решения.

Помимо топографических карт используют рельефные карты и макеты местности, предназначенные для более наглядного представления о районе предстоящих работ.

Непосредственным осмотром во время рекогносцировки местность изучают детально. Являясь лучшим способом изучения местности, он не всегда применим, например, при изучении местности большой площади и в других случаях.

Непосредственный осмотр дает пространственное представление о местности. После рекогносцировки даже небольшого участка местности легче представить особенности местных предметов и форм рельефа всего района при изучении его по карте.

При рекогносцировке маршрутов движение транспорта путей сообщения, естественных препятствий и в других случаях в настоящее время широко применяются вертолеты.

По аэрофотоснимкам изучают обычно отдельные объекты и сравнительно небольшие участки местности. По сравнению с картой, аэрофотоснимки, полученные перед началом или в ходе, имеют более свежие и подробные данные о местности работ.

Методика изучения и оценки местности включает общие правила и целесообразную последовательность работы с топографической картой и аэрофотоснимками.

Местность изучают последовательно, то есть в первую очередь изучают те ее элементы, которые оказывают существенное влияние на выполнение деятельности людей. Элементы местности оценивают не изолированно друг от друга и во взаимной связи. Например, при оценке возможного движения по лесному массиву изучают не только густоту и толщину деревьев, но характер грунта и рельефа в лесу. Одновременно с изучением местности запоминают основные ее элементы для того, чтобы по возможности меньше обращаться к топографической карте.

По карте местность обычно изучают в таком порядке. Вначале определяют тип местности по рельефу и почвенно-растительному покрову, ее характерные особенности и основные свойства, то есть уясняют общий характер местности. Затем детально изучают и оценивают свойства отдельных участков местности и местных предметов, которые могут оказать существенное влияние на проведение работ анализируют их совместно с другими элементами обстановки в результате чего делают выводы.

8.2 Изучение проходимости местности

Порядок изучения проходимости местности. Проходимость местности зависит в первую очередь от наличия автомобильных дорог с покрытием. Хорошо развитая сеть таких дорог обеспечивает движение транспорта в высоком темпе в любую погоду, разное время года и суток. Скорость движения по автомобильным дорогам без покрытия, грунтовым дорогам и без дорог во многом определяется характером рельефа, гидрографии, растительного покрова, состояния почвогрунтов, наличием и характером естественных препятствий. Существенно влияют на скорость движения метеорологические условия. Так, солончаковые степи в сухое время года легко проходимы всеми видами транспорта, а после незначительного дождя становятся труднопроходимыми или совсем не проходимыми до момента высыхания.

Проходимость местности изучают, как правило, по топографической карте. Однако карта не всегда имеет полные сведения о проходимости местности. Поэтому сведения, получаемые по карте, дополняют и уточняют изучению местности, а также по специальным картам, аэрофотоснимкам, справочникам и описаниям местности.

Проходимость местности по заданному маршруту или в направлении изучают обычно в такой последовательности. Вначале устанавливают наличие и класс дорог в нужном направлении и условия движения без дорог, выявляют препятствия на пути движения, пути их объезда, возможности усиления проходимости препятствий. Затем оценивают проходимость местности, рассчитывают среднюю скорость движения по отдельным участкам и в целом по маршруту, определяют мероприятия по улучшению проходимости местности в полосе движения. При изучении проходимости местности оценивают каждый элемент местности, таблица 48.

Таблица 48 – Оценка элементов местности

Элементы местности и местные предметы	Изучается	Оценивается
Дороги с покрытием (без покрытия), грунтовые дороги	Материал покрытия, ширина проезжей части, состояние полотна дороги. Максимальные уклоны, труднопроходимые участки, условия движения в период распутицы	Средняя скорость движения по участкам маршрута. Необходимое время на совершение движения. Необходимость усиления проходимости объектов.
Дорожные сооружения (мосты, путепроводы)	Длина, ширина, материал постройки, состояние, грузоподъемность, высота. Возможные объезды.	Пропускная способность мостов (путепроводов), время на их объезд, возможность восстановления, необходимость усиления проходимости
Населённые пункты	Планировка, характер построек, ширина улиц и основных проездов, возможные объезды.	Скорость движения, время, необходимое для движения по населенному пункту и на его объезд
Рельеф	Абсолютные высоты, превышения, крутизна скатов. Длина глубина, протяженность оврагов, обрывов, балок, крутизна и задернованность их склонов.	Возможность движения без дорог, средняя скорость движения. Труднопроходимые и непроходимые участки
Почвогрунты	Характер почв и грунтов, их состояние в сухое и дождливое время года. Глубина болот, снежного покрова, промерзания грунта.	Возможность движения без дорог, скорость движения. Необходимость усиления отдельных участков или объездов

Продолжение таблицы 48

Элементы местности и местные предметы	Изучается	Оценивается
Реки, каналы, озёра	Ширина, глубина, характер дна, наличие бродов, плотин, дамб, переправ. Характер берегов и поймы. Скорость течения. Крутизна спусков в воду и выходов из воды	Возможность преодоления вброд. Время на преодоление условия преодоления при паводках, плотин, дамб разрушений
Леса и кустарники	Порода, средний диаметр деревьев, среднее расстояние между ними. Густота кустарника. Рельеф и грунт в лесу и кустарнике. Наличие и характер просек и дорог	Проходимость без дорог, скорость движения. Ориентировочный объем работ по расчистке путей движения при пожарах и завалах.

Определение средней скорости движения. Движение по автомобильные дорогам: с покрытием совершают как правило, на средних скоростях, предусмотренных правилами дорожного движения. По грунтовым дорогам и без дорог на отдельных участках скорость движения резко меняется. Ошибка в определении скорости, а следовательно и времени прохождения определенных пунктов приводит к скоплению людей и техники у препятствий и несвоевременному выводу их в заданные районы предстоящих работ. Поэтому умение быстро и точно определять среднюю скорость движения имеет большое практическое значение.

При определении средней скорости движения весь маршрут делят на участки по условиям движения. Длину участков измеряют с точностью до 2 – 3 мм в масштабе карты с учетом поправки за извилистость и рельеф. Время движения на каждом участке определяют по формуле

$$T = \frac{S}{V} + T_n, \qquad (83)$$

где S – длина участка, км;

V – допустимая скорость движения по участку, км/ч;

T_n – время на преодоление препятствий, ч.

Время на преодоление препятствий (бродов, заболоченных мест, крутых подъемов, разрушенных участков дорог и др.) определяется по формуле

$$T_n = \frac{L + \sum S_n}{V_n}, \qquad (84)$$

где L – длина колонны, км;.

$\sum_{1} S_n$ – длина (ширина) всех препятствий на участке, км;

Vn – скорость, движения через препятствие, км/.ч

Длина колонны определяется по формуле

$$L = n(l + l_0), \qquad (85)$$

где n – число машин в колонне;

l – расстояние между машинами;

l_0 – длина одной машины (принимается равной 7 м).

Расстояние между машинами зависит от условий движения. В гололед, в густом тумане, на крутых подъемах, при спусках, преодолении местности в других сложных условиях расстояния между машинами увеличивают 1,5 – 2 раза. Скорость движения через препятствия может быть уменьшена до 4 – 8 км/ч. При ограниченном времени на организацию движения и в других случаях приближенного: расчета скорости движения могут быть использованы ориентировочные, коэффициенты, характеризующие проходимость местности (таблица 49).

Коэффициент; проходимости городов и других крупных населенных пунктов в обычных условиях составляет 0,8, широких рек – 0,5.

Таблица 49 – Ориентированные коэффициенты характеризующие проходимость местности

Местность	Коэффициент проходимости дорог	
	в обычных условиях	в районах сейсморазрушений, пожаров
Легкопроходимая для всех видов транспорта (равнинная, открытая слабопересеченная)	1	0,7
Проходимая (холмистая, залесенная на 20 – 30 %, среднепересеченная)	0,8	0,5
Труднопроходимая (заболоченная, залесенная до 60 %, низкогорная)	0,5	0,3
Непроходимая (скалистые горы, непроходимые болота, плавни и т. п.)	0,1	0,1

8.3 Изучение условий видимости

Условия видимости способствуют изучения местности. Они характеризуются дальностью оптической видимости окружающей местности и то-

чек определенной полосе, а также размерами полей невидимости и положением их границ видимости. Условия видимости в основном зависят от характера рельефа, древесной и кустарниковой растительности грунта, населенных пунктов и различного рода строений. Существенное влияние на условия наблюдения оказывают состояние погоды, время года и суток.

При организации работ условия наблюдения изучают прежде его по топографической карте. По карте определяют высоты, с которых хорошо просматривается местность, и отдельных участков на заданном направлении.

После изучения условий видимости по карте их уточняют на местности с одной двух точек. При этом устанавливают высоты с которых открывается наилучший обзор местности, намечают места наблюдений. В лесу наблюдательные пункты выбирают таким образом, чтобы с них просматривались просеки и дороги, а в холмистой местности они не проектировались на фоне неба.

В горах наблюдательные пункты выбирают в местах, с которых хорошо просматриваются перевалы, дороги, тропы, долины.

При определении условий наблюдения по карте рассчитывают дальность видимости горизонта и объектов на местности, наносят на карту поля невидимости, определяют взаимную видимость точек.

Определение дальности видимости объектов на местности. Расстояние от наблюдателя до видимой линии горизонта называют дальностью видимого горизонта, которую с учетом кривизны Земли и рефракции определяют по формуле

$$D = 4{,}1(\sqrt{h}), \qquad (86)$$

где D – дальность видимого горизонта, км;

h – высота точки наблюдения над окружающей местностью, м. Например, на равнинной степной местности наблюдатель, рост которого 1,7 м, будет видеть линию горизонта на расстоянии около 5 км, а с вершины высотой 50 м на морском берегу линия горизонта будет видна на расстоянии $D = 4.1\sqrt{51{,}7} = 29\,\text{км}$

При определении высоты точки, с которой обеспечивается заданная дальность обзора окружающей местности, пользуются зависимостью $h=0{,}06D^2$.

Объекты, возвышающиеся над поверхностью земли (моря), видны за горизонтом. Дальность видимости таких объектов с учетом прозрачности атмосферы рассчитывают по формуле

$$D = 4{,}1(\sqrt{h} + \sqrt{h_1}), \qquad (87)$$

где К – коэффициент прозрачности атмосферы (при ясной погоде он имеет значение 1, легкой дымке, – 0,85, средней дымке – 0,7, слабом тумане – 0,3, густом тумане – 0,1); h^1 – высота наблюдаемого объекта над поверхно-

[1] Сущность рефракции заключается в том, что нижние слои атмосферы высотой до 12 км обладают различными коэффициентами преломления лучей света. Вследствие этого происходит искривление направления распространения лучей света радиоволн, что увеличивает дальность видимости объектов за горизонтом.

стью земли (моря), м. Например, в ясную погоду рубка корабля высотой 20 м над поверхностью воды будет видна наблюдателю с вершины высотой 50 м на морском берегу на расстоянии

$$D = 4{,}1\sqrt{20} + 4{,}0\sqrt{51{,}7} = 4{,}1(4{,}5 + 7{,}2) = 48\text{км}.$$

Определение по карте полей невидимости. Поля невидимости – участки местности, не просматриваемые с наблюдательных пунктов. Положение их границ на карте определяют построением профилей местности. Профиль представляет собой чертеж следа сечения поверхности Земли вертикальной плоскостью. Линия на карте, вдоль которой строится профиль, называется профильной линией. Профиль строят обычно на листе бумаги, разграфленном параллельными горизонтальными линиями. Горизонтальный масштаб его принимают, как правило, равным масштабу карты, а вертикальный – в 10 и более раз крупнее. Это обеспечивает наглядное изображение общего характера неровностей, относительной крутизны их скатов. Если длина профильной линии не превышает на местности 10 км, то профиль строят без учета поправки за кривизну Земли и рефракцию, так как эта поправка на 10 км равна 6 м, то есть точности определения высоты точки по карте масштаба 1 : 50 000. При заблаговременном выборе наблюдательного пункта поля невидимости с него построением профилей определяют в таком порядке. На карте намечают точку на возвышенности и прочерчивают границы сектора, в котором надо вести наблюдение (рисунок 156). В секторе прочерчивают несколько направлений, каждому направлению присваивают номер. Затем прикидывают к направлению (профильной линии) лист миллиметровой или разграфленной бумаги и переносят его на край короткими, вертикальными черточками все горизонтали, пересекающие профильную линию, около каждой черточки подписывают абсолютную высоту горизонтали. Параллельно профильной линии проводят горизонтальные линий, которые также подписывают цифрами, соответствующими отметкам горизонталей, считая промежутки между параллельными линиями за высоту сечения рельефа на карте.

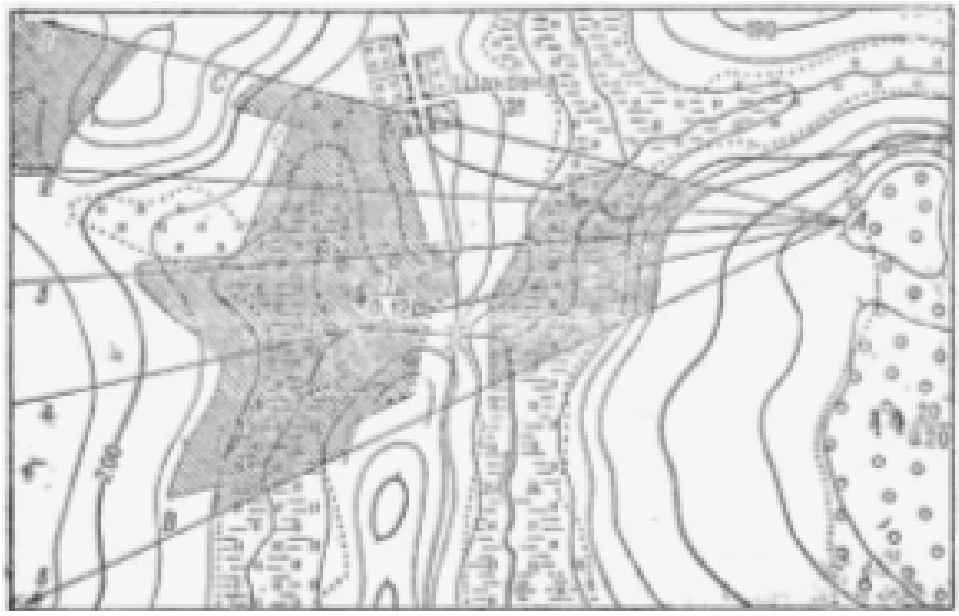


Рисунок 156 – Определение и нанесение на карту полей видимости

После этого к профильной линии в местах черточек проводят перпендикуляры до пересечения их с параллельными линиями, соответствующими отметкам горизонталей. Места пересечения отмечают точками. Полученные точки пересечения соединяют плавной линией, вырисовывающей форму рельефа (рисунок 157). Такой профиль местности называется полным, так как при его построении использовались все горизонтали, пересекающие профильную линию.

На построенном профиле местности от наблюдательного пункта проводят прямые линий: (лучи зрения), касающиеся вершин, и отмечают не просматриваемые с наблюдательного пункта участки местности. Границы этих участков (рисунок 158) отмечают на профильной линии, по которой строился профиль.

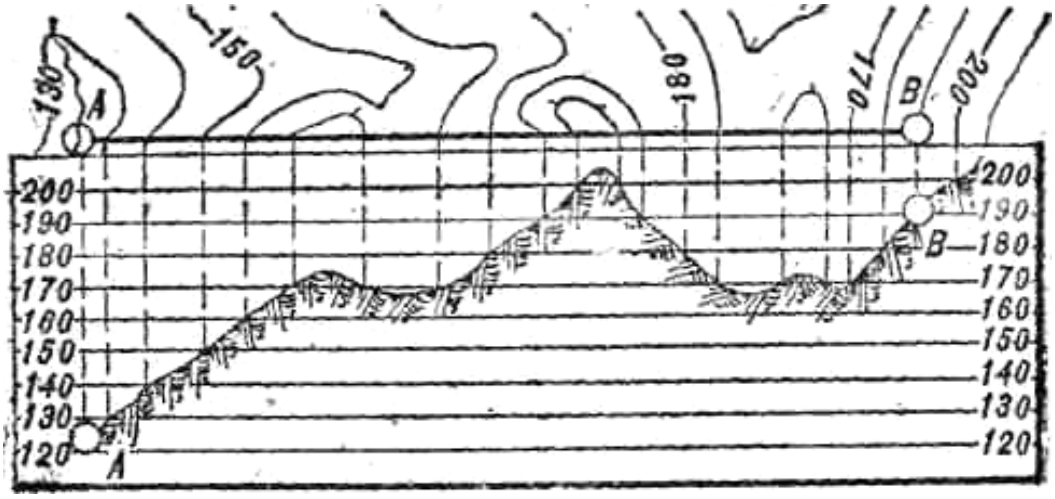


Рисунок 157 – Профиль местности по линии АВ

Подобным образом строят профиль по каждой линии, проведенной в зоне наблюдения, и отмечают на ней границы полей невидимости поле.

Если на профильной линии имеются местные предметы, ограничивающие видимость (леса, населенные пункты, различные строения и т. п.), то их высоты учитывают при построении профиля. После построения профиля по каждой проведенной в зоне наблюдения линии, количество которых зависит от характера местности, на карте простым карандашом проводят границы полей невидимости, соединяя плавными кривыми, сообразуясь с рельефом, все полученные на профильных линиях границы отдельных невидимых; участков местности. Поля невидимости заштриховывают параллельными линиями простым карандашом. При необходимости штриховку полей невидимости поднимают красным цветом.

При определении полей невидимости часто строят сокращенные профили. В таком случае на край разграфленного листа бумаги переносят только те горизонтали, которые обозначают границы подъемов и спусков, места перегибов скатов, а также точки границ леса и населенных пунктов.

Определение по карте взаимной видимости точек на местности. Видимость между точками (объектами) на местности обычно определяют по

карте построением треугольника, сопоставлением высот точек или расчетом положения луча зрения.

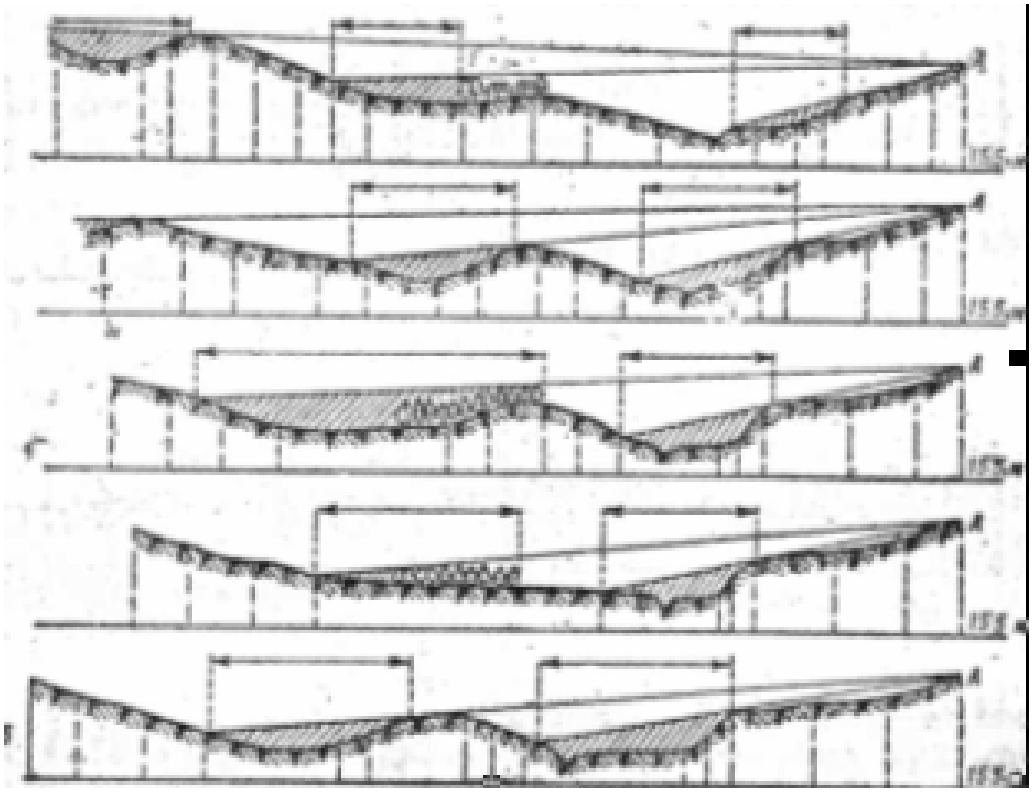


Рисунок 158 – Профиль местности по линиям 1 – 5

Построение треугольника. На карте соединяют, прямой линией точки местоположения наблюдательного пункта – НП (рисунок 159) и наблюдательные точки Г. Вдоль этой линии изучают рельеф местности и определяют на ней точку У с наибольшей абсолютной высотой, которая может помешать взаимной видимости наблюдательного пункта и наблюдаемой точки Г. Высота кургана, на котором расположён НП равна 2 м, а высота наблюдаемой точки Гн составляет 3 м. Определенная по горизонталям высота точки $Н_у$ = 212 м. Абсолютная высота наблюдательного пункта $Н_{нп}$ = 212,1 + 2 = 214,1 м, а высота точки $Н_г$ =172 + 3=175 м. Превышение НП над точкой равно 39 м, а препятствия над точкой $Т_н$ – 37м (наименьшая абсолютная высота, в данном случае высота точки Г принимается за ноль).

Из точек, имеющих превышение над нулевой точкой, проводят перпендикуляры к профильной линии и откладывают на них в произвольном масштабе (в данном случае 2 м в 1 мм) значения превышений. Затем прикладывают линейку к нулевой точке и точке на перпендикуляре, восстановленном в точке НП, и проводят линию (луч зрения). Если эта линия проходит выше точки на восстановленном в точке препятствия перпендикуляре, точка видна, и наоборот, если линия (луч зрения) проходит, ниже точки препятствия точка не видна. На рисунке 159 точка Г не видна. Для того чтобы увидеть

точку наблюдателю нужно подняться над курганом на 3 м (луч зрения на рисунке показан пунктирной линией).

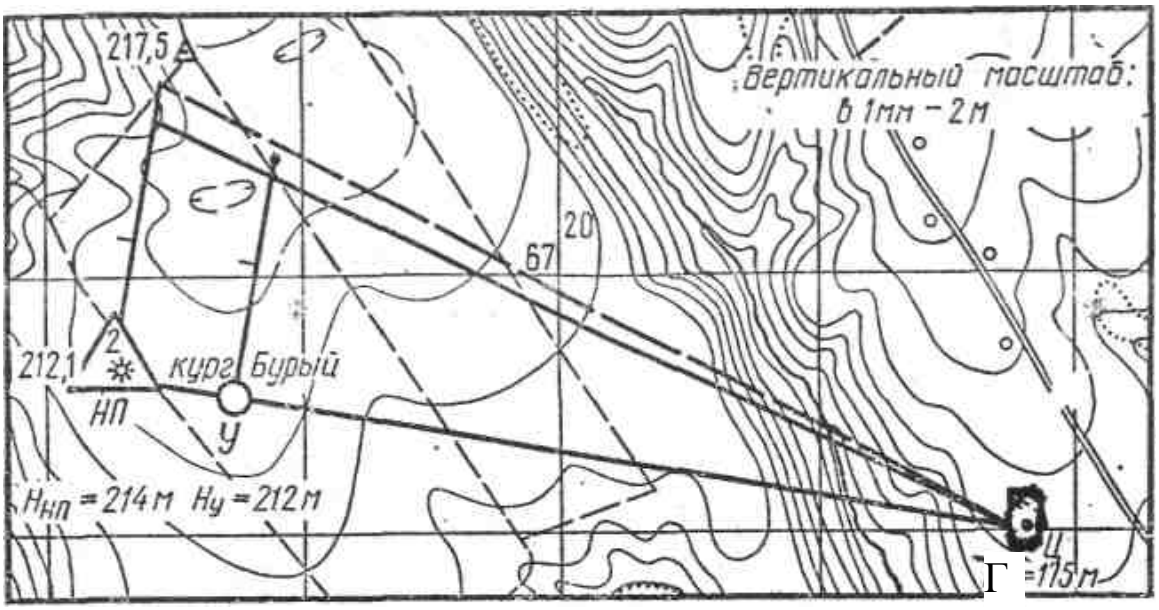


Рисунок 159 – Определение по карте взаимных точек построением треугольника.

Взаимная видимость между двумя точками может быть определена по карте сопоставлением их высот с высотой препятствия. Например, если высота препятствия на профильной линии меньше высот НП и точки Г, точка с НП будет видна, а если высота препятствия больше высот НП и точки $Т_н$ не видна.

В случае когда высота препятствия больше высоты точки наблюдения меньше высоты, НП или наоборот, взаимную видимость НП и точки $Т_н$ устанавливают путем построения треугольника.

Способы определения взаимной видимости точек широко используются при определении и нанесении на карту полей не видимости.

Расчетом положения луча зрения обычно определяют видимость отдельных объектов на местности или положение границы, с которой открывается видимость за препятствия.

Способ основан на том, что луч зрения проходящий от точки наблюдения через вершину препятствия понижается или повышается пропорционально удалению от наблюдателя. Исходя из этого можно составить пропорцию (рисунок 160).

$$\frac{S}{h} = \frac{S_1}{x}, \qquad (88)$$

где S – расстояние от НП до препятствия;

S_1 – расстояние от укрытия до танка, м;

h – превышение НП над укрытием, м;

x – величина, на которую понизится луч зрения за препятствием на расстоянии S_1 м.

Пусть расстояние от НП до препятствия S=1800 м, превышение, между ними h=16,3 м, расстояние от препятствия до машины S_1 = 500 м. Абсолютная высота точки, на которой находится машина равна 40 м.

Тогда:

$$x = \frac{S_1 h}{S} = \frac{500 \times 16{,}3}{1800} = 5 \text{ м}.$$

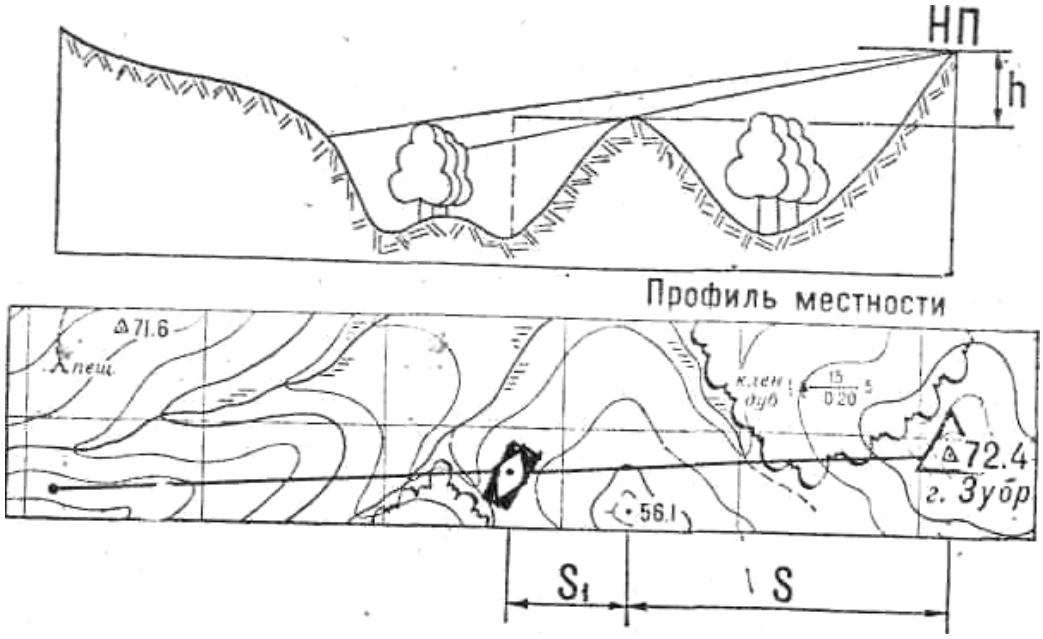


Рисунок 160 – Определение видимости точек расчетом положения луча зрения

Так как абсолютная высота препятствия равна 56 м, то луч зрения, понизившись на 5 м, пройдет над машиной на высоте 51 м, то есть выше машины на 11 м, поэтому с НП не виден.

Положение границы, с которой открывается видимость за лесом высотой 15 м, можно определить следующим расчетом.

Абсолютная: высота препятствия (леса) составляет 47 м. Превышение между НП и препятствием около 25 м, за препятствие на расстоянии 200 м луч зрения понизится на величину

$$x = \frac{200 \times 25}{3100} = 1{,}6.$$

Таким образом, через 200 м за препятствием высота луча зрения будет равна 45 м. На карте в этом месте проходит горизонталь с отметкой 50 м. Поэтому граница видимости будет проходить по половинной горизонтали с отметкой 45 м.

8.4 Построение профиля местности по линии большой протяженности

При решении задач выбора трасс и линий связи и в некоторых других случаях возникает необходимость детального анализа экранирующего действия рельефа и местных предметов по линии протяженностью в несколько десятков километров. Анализ проводится путем построения профиля местности по этой линии.

Так как поправки за кривизну Земли и рефракцию при больших расстояниях значительные, то вначале строят систему кривых линий, соответствующих лучу зрения (близких к уровенной поверхности Земли), а затем по ним строят профиль местности.

Профили по линиям значительной протяженности обычно строят в горизонтальном масштабе 1 : 100 000 или 1 : 200 000 и вертикальном масштабе 1 : 1 000 или 1 :2 000.

Для построения профиля на миллиметровой бумаге прочерчивают линию (рисунок 161) равную по длине профильной линии на карте. От середины этой линии откладывают в обе стороны в масштабе карты отрезки, равные 2 – 4 км на местности. Из концов этих отрезков опускают вниз перпендикуляры, на которых откладывают значения поправок за кривизну Земли и рефракцию, вычисленных как $h = 0{,}06\ D^2$. Намеченные на перпендикулярах точки соединяют плавной кривой линией, которая и будет близкой к уровенной поверхности Земли. Затем проводят необходимое количество параллельных кривых, равноотстоящих от построенной уровенной поверхности. След сечения профильной линией горизонтали с наименьшей отметкой проектируют по прямой линии на нижнюю кривую линию и строят профиль местности, как указано в разделе 6.14.3.

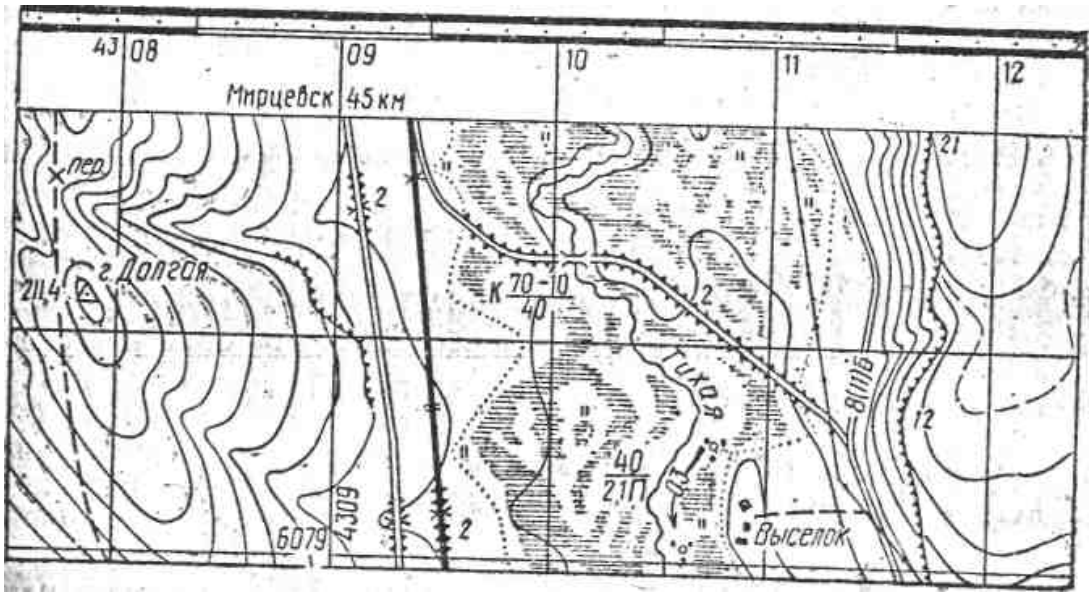


Рисунок 161 – Построение профиля

При расчетах трасс линий влияние рефракции обычно не учитывают и поправку за кривизну Земли рассчитывают по формуле $h=D^2/50$ Этим созда-

ют некоторый запас расчетной высоты (просвета трассы) для устойчивости связи.

8.5 Прогнозирование изменений местности

В настоящее время местность оценивают с учетом возможных ее изменений, которые чаще всего происходят в результате затоплений обширных зон на реках и лесных пожаров. Изменения прогнозируют расчетным путем – по графикам, номограммам или упрощенным формулам. Умелое прогнозирование позволяет предвидеть возможные изменения местности и заранее принимать необходимые меры по активному предотвращению ее отрицательного воздействия.

Прогнозирование зон затопления. Разрушение плотин, дамб или пуск воды через шлюзы вызывает резкое увеличение ширины, глубины и скорости течения рек, при этом происходит затопление пойм и пониженных участков местности. Скорость распространения волны прорыва зависит от уклона реки, ширины затопляемой поймы, ее залесенности и колеблется от 2 до 20 км/ч. Чем шире пойма и меньше уклон реки, тем скорость распространения волны прорыва меньше. Высота максимального затопления зависит от высоты плотины.

В современных условиях могут возникать случаи, когда реки окажутся перекрытыми временными плотинами. Это вызовет подтопление больших участков местности вверх по течению реки, отдельное возвышенности могут превратиться в острова.

При прогнозировании зон затоплений тщательно изучают на всем протяжении, реки, плотины, дамбы шлюзы, характер берегов определяют по карте границы зон затоплений, при возможном изменении режима реки и водохранилищ на ней.

Прогнозирование лесных пожаров. Массовые лесные пожары могут возникать в сухое осеннее или весеннее время года.

Развитие возникших пожаров существенно зависит от метеорологических условий. При длительной сухой погоде и сухом подстилающем слое в лесах возникают обычно низовые пожары с последующим переходом их в верховые, скорость распространения которых зависит от скорости ветра и достигает 20 – 25 км/ч.

При частых дождях, низкой облачности опасность развития верховых пожаров незначительная. В случае возникновения очагов низовых пожаров распространение их будет медленным, а переход в верховые маловероятным.

Во время обложных дождей, в снегопад, а также когда подстилающий слой в лесах мокрый или покрыт снегом, возникшие очаги пожаров обычно не развиваются.

При оценке скорости распространения пожаров учитывают время суток. Наиболее быстро пожары распространяются в середине дня. Вечером, ночью и утром, скорость их распространения значительно меньше. Ветер в

эти периоды, суток обычно стихает, повышается влажность воздуха, а утром выпадает роса.

Результаты прогнозирования пожаров отображают на карте простым карандашом, а если известны очаги пожаров, установленным условным знаком.

Наиболее опасными в пожарном отношении являются участки хвойных лесов с сомкнутыми кронами деревьев, где возникшие низовые пожары быстро переходят в верховые. В лесах детально изучают дорожную сеть, просеки, систему рек, озер и каналов, которые могут быть использованы как естественные противопожарные полосы. Реки, озера и каналы изучаются также и как источники водоснабжения при борьбе с огнем.

Для оценки возможного характера распространения и длительности пожаров из справочных материалов собирают данные о наличии и густоте подлеска, степени захламленности леса и глубине торфяных болот.

Проходимость зон пожаров в лесах и населенных, пунктах с неогнеупорными постройками, приближенно может быть определена из неравенства:

$$l > 1.6h, \qquad (89).$$

где l – минимальное удаление от пламени, когда тепловое действие воздуха ощущается незначительно, м;

h – ожидаемая высота пламени, м.

Если левая часть неравенства меньше правой, зона пожаров по дорогам, просекам, улицам труднопроходима.

Например, в горящем лесу при ожидаемой высоте пламени 10 м просека шириной 30 м труднопроходима, так как правая часть неравенства (1,6x10x2) =32 м (результат удваивается, потому что лес может гореть с обеих сторон просеки) больше левой части, равной 30 м.

При принятии решения на преодоление зоны пожара поданной просеке необходимо предусмотреть дополнительные меры по защите личного состава и техники от высокой температуры. Необходимо учитывать, что недостаток кислорода в горящем лесу и вредные примеси в воздухе снижают активность людей и усложняют условия работы двигателей внутреннего сгорания.

Чистые леса обычно становятся проходимыми спустя 2 – 3 ч, а захламленные – 6 – 10 ч после прохода фронта огня.

8.6 Изучение рек и сезонных изменений местности

Изучение рек. Изучение реки как препятствия заключается в оценке ее ширины, глубины, скорости течения, грунта дна, характера берегов и поймы, водного режима, а также бродов, отмелей и островов. При этом всегда учитывают время года и состояние погоды, так как в период паводка, при длительных дождях, преднамеренном разрушении плотин или пуске воды

через шлюзы даже небольшие реки с широкими заболоченными поймами становятся труднопроходимыми препятствиями.

Незначительная глубина затопления, поймы, вязкий грунт, а также пни, сваи и другие препятствия, скрытые водой, затрудняют движение паромов, вызывает необходимость детальной створов переправ в ходе движения.

При преодолении реки ее заблаговременно изучают по топографическим картам, лоцманским картам[1], аэрофотоснимкам, специальным картам, лоцманским картам, лоциям, гидрографическим и гидрологическим описаниям и справочникам.

Вначале по топографической карте изучают общий характер реки и ее долины и с помощью аэрофотоснимков уточняют особенности местности. Затем просматривают материалы описаний и справки о реке.

Грунт дна реки определяется скоростью течения, таблица 50, и грунтом берегов.

Таблица 50 – Характеристика грунта дна реки

Скорость течения м/с	Вероятный грунт дна	Обозначение на карте
0,1-0,25	Ил	В
0,25-0,5	Песок мелкозернистый	П
0,5-1,0	Песок крупнозернистый	П
1,0-1,5	Плотная глина, гравий	Т
более 1,5	Галька, глыбы камней	К

По топографической карте также определяют характеристику мостов, плотин, ширину поймы, пересеченность и залесенность долины.

Например, река Тихая (рисунок 162) течет с севера на юг со скоростью 0,3 м/с. Ширина ее 40м, глубина 2,1. м, грунт дна песчаный (мелкозернистый песок). Ширина долины реки 1,7 – 2км.

Правый берег крутой (до 10°) высотой 40 – 50м, левый – более пологий, высотой до 100 м, крутизной 2 – 3°. Берега открытые. Русло реки извилистое. Пойма реки заболоченная, с небольшими озерами. Болото проходимое, с кустарниковой и луговой растительностью. Вдоль основания правого, склона и через долину проходит по насыпи высотой; 2 м автомобильная дорога с покрытием (шоссе), ширина покрытия 8 м. Мост через реку каменный, длиной 70м, шириной 8 м, грузоподъемностью 40 т.

На основании оценки всех этих данных можно сделать вывод, что при дождливой погоде и разрушении моста река Тихая будет труднопреодолимым препятствием.

---

[1] Лоцманская карта — специальная карта реки для речного судоходства и проектирования различных гидротехнических сооружений. Рельеф дна реки изображается на ней изобатами — линиями равных глубин — с высотой сечения от 0,5 до 2 м. Склоны долины и поймы изображаются в большинстве случаев схематически. Масштабы лоцманских карт для рек различной ширины могут быть от 1; 5 000 до. 1; 50 000.

По топографической карте определяют выгодные подступы к реке и. места, удобные для ее преодоления , проходимость прилегающую к ней местности, основные характеристики реки: ширину, глубину, скорость течения и грунт дна

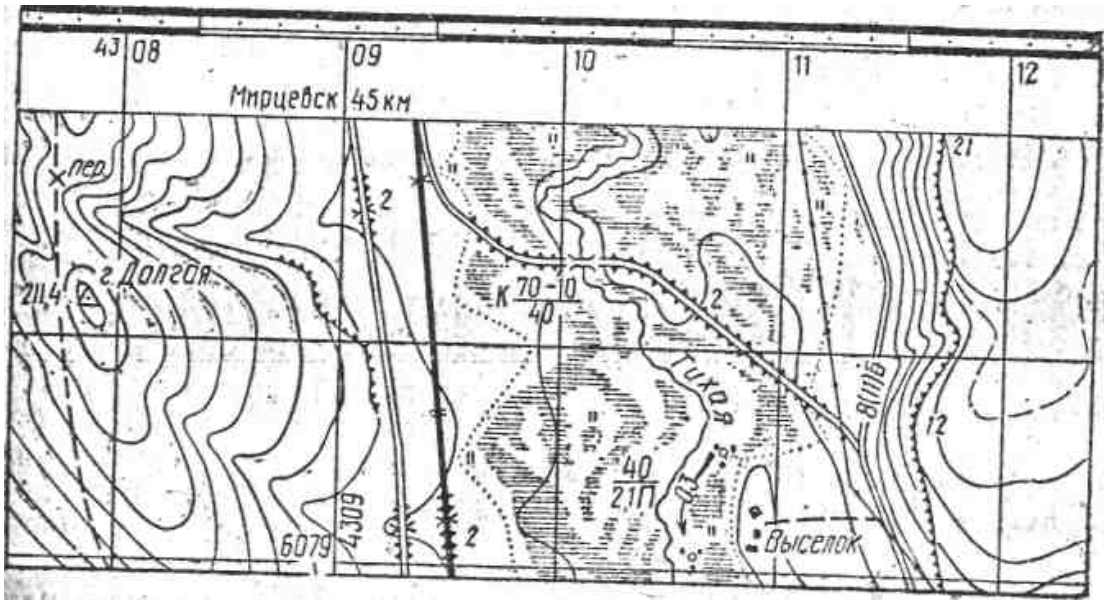


Рисунок 162 – Участок реки Тихая

Подробный анализ распределения глубины в русле реки и определение крутизны подводной части берегов производят по лоцманским картам. Данные о подводных препятствиях, скорости течения, грунте дна и берегов реки, ее режиме и возможных изменениях уровня в период преодоления берут из речных лоций и гидрологичёских описаний, справочников.

При изучении реки как источника водоснабжения оценивают возможность ее заражения, которое может произойти в результате непосредственного поглощения водой выброса в реку вредных веществ, а также через притоки бассейна реки из неблагоприятных районов.

Однако речная вода используется лишь после радиометрического и химического контроля. Поэтому реки изучают на всем их протяжении вверх по течению от места перехода. Данное изучение выполняют обычно по карте масштаба 1 : 200 000.

Изучение местности зимой. В зимних условиях свойства местности в ряде районов, особенно в северных и средних широтах, претерпевают изменения. Многие грунтовые дороги заносятся снегом и становятся непроходимыми. Проходимость лесов уменьшается из-за глубоких снежных заносов. грунт значительно усложняет инженерное оборудование местности. Усложняются условия ориентирования на местности, так как многие ориентиры (дороги, канавы, ямы, овраги и т.п.) покрываются снегом и не просматриваются.

Распределение снежного покрова обусловливается направлением господствующего ветра, характером рельефа местности и растительности. Наименьшей глубины снежный покров достигает на открытых скатах, обращенных в сторону господствующих ветров и вблизи линий водоразделов, хребтов и высот (рисунок 163). На обратных скатах, в лощинах, оврагах, промоинах происходит накопление снега. В лесу глубина снежного покрова обычно

несколько, больше, чем на прилегающих к нему открытых участках. Больше всего снега накапливается на опушках леса.

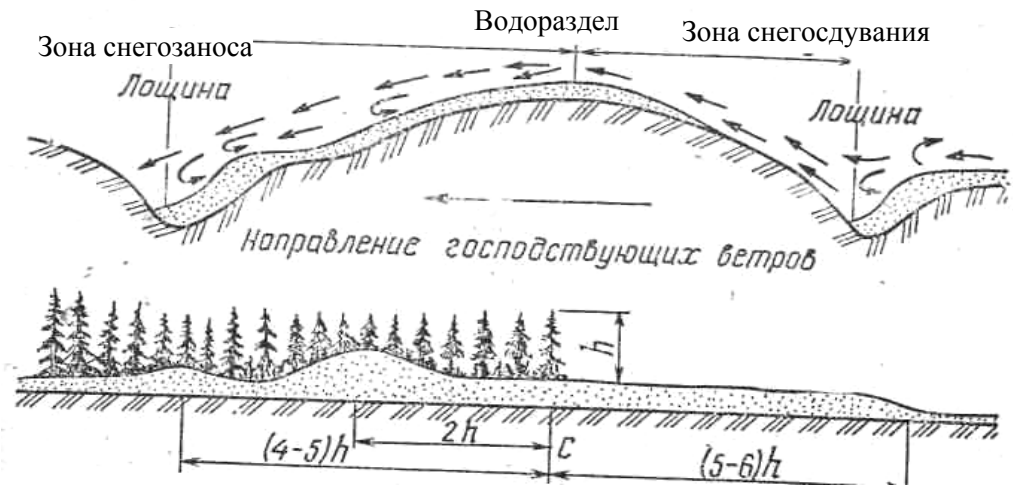


Рисунок 163 – Характер распределения снега на холмистой местности и в лесу

На открытых участках под большим слоем снега и в лесу грунт промерзает примерно в 2 раза меньше, чем на участках, свободных от снега.

Зимой водоемы и болота покрываются льдом и становятся проходимыми. Однако, оценивая их проходимость, необходимо учитывать, что при выпадении большого количества снега на лед сразу после ледостава рост толщины льда почти прекращается, и болота не замерзают. Снежный покров лишь сглаживает, неровности на поверхности болот, создавая скрытые препятствия.

При изучении местности зимой кроме топографических и специальных карт используют аэрофотоснимки и данные всех видов изучения местности.

На крупномасштабных аэрофотоснимках хорошо читаются новые дороги и колонные пути. Снимки позволяют приблизительно определить глубину снежного покрова по некоторым косвенным признакам, наличие снежных заносов на дорогах и в углублениях рельефа. По аэрофотоснимкам можно получить сведения о незамерзших участках рек, действующих ледяных переправах, местах трещин во льду, полыньях. Все это значительно облегчает организацию и проведение наземного изучения местности. Результаты изучения местности зимой отображают на карте. Сведения, которые нельзя отобразить графически, включают в содержание легенды.

На карту наносят участки и направления с минимальным снежным покровом поднимают выделяют незамерзшие реки и болота или их участки, наносят вновь; появившиеся дороги и колонные, пути, переправы на реках, снежно-ледяные заграждения.

Изучение местности весной и осенью. Весна и осень в средних широтах отличаются большим количеством осадков, повышенной влажностью

грунтов, высоким уровнем воды в реках и озерах. Проходимость местности по грунтовым дорогам и без дорог резко снижается. Заболоченные участки становятся непроходимыми для многих машин.

В периоды половодья, паводков и распутицы поймы рек затопляются, грунт размокает, что значительно усложняет инженерные работы на местности.

При изучении местности в эти сезоны года кроме крупномасштабных топографических карт широко используют аэрофотоснимки свежего залета, гидрологические описания районов и рек. Для сбора необходимых данных о местности постоянно и целеустремленно ведется изучение местности.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Изложите способы и методику изучения и оценки местности по топографической карте и аэрофотоснимкам.
2. Изложите основные вопросы и порядок изучения и оценки местности при организации движения на местности.
3. Моста на реке не оказалось. Рассчитайте время на преодоление реки.
4. Изложите сущность определения по карте дальности видимости на местности и положения границ невидимости.
5. Постройте профиль местности по горизонтальной линии координатной сетки
6. Изложите порядок и основные вопросы изучения реки. Дайте характеристику реки Урал.

9 Литература, рекомендуемая для изучения тем

1. Инженерная геодезия: учебное пособие для ВУЗов/ под ред. И.П. Интулова Воронежский гос. арх. – строит. университет. – Воронеж, 2006. – 273с.
2. Геодезический словарь-справочник – М: «Недра», 1976 г. 221стр.
3. Курс инженерной геодезии: учебное пособие/ под ред. В.Е. Новака М: «Недра»,1989. – 430 с.
4. Инженерная геодезия: учебное пособие/ под ред. Д.Ш. Михилёва М:, «Высшая школа», 2001 – 464 с.
5. Условные знаки масштабов 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000, 1:500., – М:, «Недра», 1984 – 144 с.
6. Основы использования и ремонта топогеодезических инструментов: учебное пособие/ под ред. О.Ф. Кузнецова ГОУ ОГУ, 2007 – 129 с.