

Министерство образования и науки Республики Казахстан  
Некоммерческое акционерное общество «Холдинг «Кәсіпқор»

**РАЙМБЕКОВА А.Т., КАДЫЛБЕКОВ Д.Т.,  
АБДРАХМАН Н., ЕРГОЖИН А.С.**

## **ОСНОВЫ ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ**

*Разработано в качестве учебного пособия по  
актуализированным типовым учебным планам и программам для системы  
технического и профессионального, послесреднего образования по  
специальности 0703000 – «Гидрогеология и инженерная геология»*

Астана, 2018 г.

УДК 528 (075)  
ББК 26.12 я 73  
075

Основы геодезии и картографии: Учебное пособие / А.Т. Раймбекова, Д.Т. Кадылбеков, Н. Абдрахман, А.С. Ергожин – Астана: Некоммерческое акционерное общество «Холдинг «Кәсіпқор», 2018 г.

ISBN 978-601-333-540-7

Данное учебное пособие разработано в соответствии с актуализированной учебной программой и предназначено для студентов 2 курса технических колледжей. Содержит основные материалы теоретического и практического курса по профессиональному модулю ПМ 01 «Проведение работ по изучению и разметке геологических объектов» и охватывает разделы «Основ геодезии» и «Учебной геодезической практики», а также содержит контрольные вопросы, тестовые задания и практические задания по модулю для оценки результатов обучения.

Изучение геодезии начинается с изучения теории, сопровождающегося практическими занятиями. Значение учебной практики для студентов огромна: она расширяет, углубляет и закрепляет теоретические знания, учит самостоятельно выполнять геодезические работы, дополняют знаниями по кругу вопросов, которые трудно изучать в стенах колледжа, приучает к режиму рабочего дня в полевых условиях, к трудовой дисциплине.

Благодаря четким определениям основных понятий, их признаков и особенностей, студент может за короткий срок усвоить и переработать важную часть информации и быть компетентным специалистом по вопросам основ геодезии и картографии. Учебное пособие будет полезно не только студентам, но и преподавателям при подготовке и проведении занятий.

УДК 528 (075)  
ББК 26.12 я 73

Рецензенты:

Заведующая кафедры «Геодезия, землеустройство и кадастр» ВКГТУ имени Д. Серикбаева, к.т.н. РФ, доктор PhD – Рахымбердина М.Е.

Заведующая учебной практики, преподаватель специальных дисциплин – Турлыбаева А.М.

Директор ТОО ПФ «Жана Жол» – Иргибаяев А.Б.

Одобрено Научно-методическим советом НАО «Холдинг «Кәсіпқор»,  
Протокол № 2 от 26.09.2018 г.

©НАО «Холдинг «Кәсіпқор», 2018 г.

## Оглавление

Разделы и темы	Стр.
<b>Раздел 1. Общие сведения о геодезии и картографии</b>	
Введение	5
<b>Глава 1.1. Топографические карты и планы</b>	
1.1.1. Системы координат применяемые в геодезии	8
1.1.2. Понятие о карте, плане. Масштабы	12
<i>Практическое задание 1. Измерение расстояний на топографической карте.</i>	16
1.1.3. Государственная разграфка и номенклатура карт и планов	19
<i>Практическое задание 2. Определение номенклатуры топографических карт</i>	23
1.1.4. Условные обозначения топографических карт	25
1.1.5. Рельеф и его изображение на плане	27
1.1.6. Решение задач на топографических картах	31
<i>Практическое задание 3. Определение прямоугольных и географических координат точек по карте.</i>	38
<i>Практическое задание 4. Определение отметок точек.</i>	40
<i>Практическое задание 5. Построение профиля линии.</i>	42
<i>Практическое задание 6. Вычисление площади многоугольника.</i>	43
1.1.7. Ориентирование линий. Прямая и обратная геодезические задачи	45
<i>Практическое задание 7. Измерение ориентирных углов.</i>	51
1.1.8. Построение Государственной Геодезической Сети.	54
Погрешности измерений	
Контрольные вопросы по главе 1.1.	57
Контрольная (самостоятельная) работа для проверки полученных знаний №1	58
<b>Глава 1.2. Геодезические измерения</b>	
1.2.1. Линейные измерения	59
1.2.2. Угловые измерения	63
Контрольные вопросы по главе 1.2.	68
Контрольная (самостоятельная) работа для проверки полученных знаний №2	69
<b>Раздел 2. Топографические съемки</b>	
<b>Глава 2.1. Контурная съемка</b>	
2.1.1. Теодолитная съемка.	69
2.1.2. Методы съемки подробностей	72
2.1.3. Вычисление координат точек замкнутого теодолитного хода	74
<i>Практическое задание 8. Вычисление координат вершин замкнутого теодолитного хода.</i>	76
Контрольные вопросы по главе 2.1.	81
Контрольная (самостоятельная) работа для проверки	81

	полученных знаний №3	
	<b>Глава 2.2. Вертикальная съемка</b>	
2.2.1.	Геометрическое нивелирование	82
2.2.2.	Нивелирование поверхности	84
2.2.3.	Обработка журнала технического нивелирования	87
	<i>Практическое задание 9. Вычисление абсолютных отметок точек нивелирного хода.</i>	89
	Контрольные вопросы по главе 2.2.	91
	Контрольная (самостоятельная) работа для проверки полученных знаний №4	91
	<b>Глава 2.3. Тахеометрическая съемка</b>	
2.3.1.	Тахеометрическая съемка	92
2.3.2.	Порядок работы на станции при тахеометрической съемке	95
	<i>Практическое задание 10. Обработка результатов наблюдений на станции тахеометрической съемки, построение плана.</i>	97
	Контрольные вопросы по главе 2.3.	99
	Контрольная (самостоятельная) работа для проверки полученных знаний №5	99
	<b>Раздел 3. Геодезическая практика</b>	
	<b>Глава 3.1. Подготовительный период</b>	
3.1.1.	Общие требования и технология выполнения работ	101
	<b>Глава 3.2. Полевые работы</b>	
3.2.1.	Теодолитные работы	105
3.2.2.	Нивелирование	112
3.2.3.	Тахеометрическая съемка	117
	<b>Глава 3.3. Камеральная обработка</b>	
3.3.1.	Обработка журналов и составление плана съемки	126
	Контрольные вопросы и задания по геодезической практике	130
	<b>Тестовые задания для оценки результатов обучения</b>	134
	<b>Глоссарий</b>	145
	<b>Перечень использованной литературы</b>	147

## Раздел 1. Общие сведения о геодезии и картографии

### Введение

«Основы геодезии и картографии» является важным звеном в подготовке техников горно-геологической службы. Изучение программы по этой дисциплине должно привести к пониманию роли и значения геодезии и картографии в организации поисков и разведки месторождений полезных ископаемых.

В процессе изучения модуля студенты должны овладеть приемами работы с теодолитом, нивелиром, получить навыки по самостоятельному ведению основных видов съемок, научиться свободно читать графические материалы. Результатом обучения является проведение различных видов съемок.

Критерием оценивания служит: выполнение теодолитной съемки, выполнение нивелирования, выполнение тахеометрической съемки, произведение измерений, заполнение, обработка полевых журналов по всем видам съемок, умение навыков подготовки геодезических приборов к работе и проведение разбивки профиля.

В задачи топографо-геодезических работ при разведке месторождений полезных ископаемых входят обеспечение разведочных работ необходимыми топографическими планами; перенесение в натуру и определение координат и высот точек, определяющих положение горных выработок и других объектов, связанных с проведением геологоразведочных работ; составление топографических основ для различного рода геологических работ.

В переводе с греческого языка слово «геодезия» означает - землеразделение. Такое название вошло в науку, потому что в древние времена геодезия применялась при размежевании (делении) участков обрабатываемой земли. Этот термин сохранился и до наших дней, несмотря на то, что современная геодезия занимается измерениями для определения формы и размеров Земли, для составления планов и карт, профилей земной поверхности. Материалы геодезических съемок широко используются в народном хозяйстве.

*Геодезия* – наука об измерениях на земной поверхности, проводимых с целью определения форм и размеров Земли, составлении планов и карт, а также решении инженерных задач на местности.

Определение форм и размеров Земли входит в задачи высшей геодезии. Вопросы же, связанные с составлением планов и карт и с решением инженерных задач, относятся к топографии.

Геодезия в зависимости от решаемых научных и практических задач делится на ряд следующих самостоятельных дисциплин:

- *высшую геодезию* - занимающуюся изучением и определением форм и размеров Земли;
- *картографию* - в задачу которой входит составление и издание карт;

- *аэрогеодезию* - которая разрабатывает методы фотографирования земной поверхности с воздуха и составления планов и карт на основе аэроснимков;

- *космическую геодезию* - предметом изучения которой является измерение изображения Земли, ее отдельных поверхностей, полученных из космического пространства;

- *топографию* - занимающуюся изучением и измерением сравнительно небольших участков земной поверхности для составления планов и карт;

- *инженерную геодезию* - имеющую прикладное значение. Специальные виды геодезических работ под землей относятся к подземной геодезии – *маркшейдерии*.

Геодезия тесно связана с рядом других наук – математикой, физикой, астрономией, географией.

Предметом изучения геодезии являются геометрические свойства поверхности Земли. Физическая поверхность Земли в геометрическом отношении имеет сложную форму. 71% поверхности её - океанические и морские впадины, достигающие глубины 11 000м. На суше имеются горные хребты, ущелья, равнины, долины рек и оврагов. Отдельные горы, как, например, Джомолунгма, имеют высоту почти 9 000м. Средняя высота суши над уровнем моря составляет 875 м.

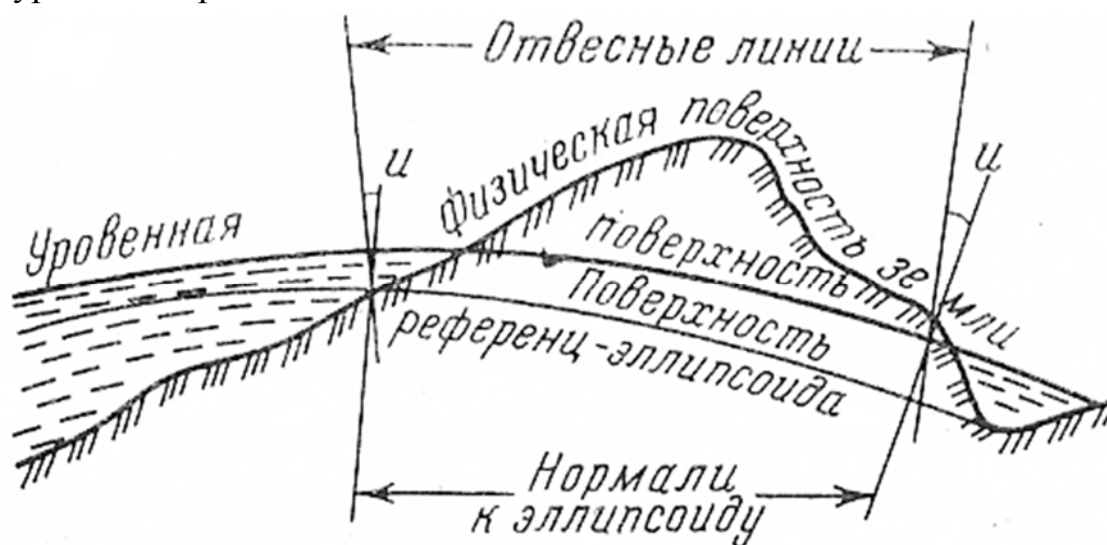


Рисунок 1. Уровенная поверхность Земли

Обобщенное представление о форме Земли можно получить, воспользовавшись понятием «уровенная поверхность» (см. рис.1).

*Основной уровенной поверхностью* называют поверхность спокойного состояния морей и океанов, мысленно проложенная под материками, нормальная к отвесным линиям в любой своей точке, проходящей через эту точку.

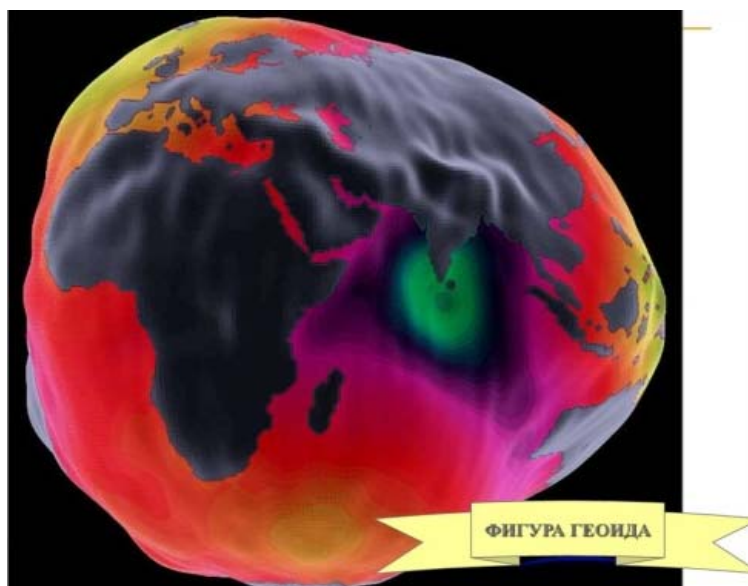


Рисунок 2. Геоид

Тело, ограниченное основной уровенной поверхностью, называют *геоидом* (см. рис.2).

Наиболее близко геоид подходит к фигуре *сфероида*, образованной вращением эллипса вокруг малой оси (см. рис.3).

Сфероид (земной эллипсоид) с определенными размерами, определенным образом ориентированный, принятый для математической обработки результатов геодезических измерений называется – *референц-эллипсоидом*.

Наша Земля вращается вокруг линии, называемой осью вращения  $PP_1$  (см. рис. 3). Две точки  $P$  и  $P_1$  пересечения оси вращения земли с уровенной поверхностью называют северным  $P$  и южным  $P_1$  полюсами. Плоскости, перпендикулярные к земной оси, пересекают уровенную поверхность по линиям, называемым *параллелями*.

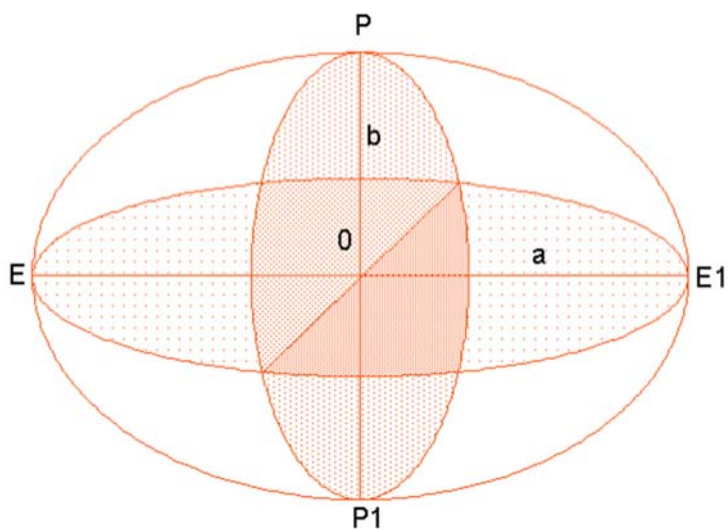


Рисунок 3. Эллипсоид вращения

В Советском Союзе работы по определению размеров земного эллипсоида проводились под руководством профессора Ф.Н. Красовского.

В результате этих работ в 1940 году были вычислены следующие размеры референц-эллипсоида:

большая полуось  $a = 6\,378\,245$  м

малая полуось  $b = 6\,356\,863$  м

сжатие земного

эллипсоида  $\alpha = (a-b) : a = 1 : 298,3$

Ввиду небольшой величины сжатия для решения практических задач, на требующих высокой точности, общую форму Земли можно принять за шар, радиус которого равен 6371,11 км [1;6;5].

## Глава 1.1. Топографические карты и планы

### Тема 1.1.1. Системы координат применяемые в геодезии

Положение точек на поверхности Земли определяется координатами – величинами, характеризующими расположение искомым точек относительно исходных плоскостей и линий, определяющих систему координат.

При создании *карт* пользуются следующими плановыми координатами: единой для всего земного шара – географической системы координат и зональной системы (системой Гаусса – Крюгера).

При создании *планов* пользуются следующими координатами: системы плоских прямоугольных координат и полярной системы (для создания топографических планов).

1. *Географическая система координат* (см. рис. 4). Основными линиями этой системы координат являются:

- *параллель* - линия пересечения земной поверхности плоскостью, проходящей через данную точку перпендикулярно оси вращения Земли;

- *меридиан* - линия пересечения земной поверхности плоскостью, проходящей через данную точку и оси вращения Земли.

Координатами этой системы являются:

- *географическая широта* – угол  $\varphi$  между плоскостью экватора и отвесной линией, проходящей через данную точку. Широты - измеряемые от плоскости экватора к северу, называются северными, а к югу – южными. Широты изменяются в пределах от 0 до 90°;

- *географическая долгота* - двугранный угол  $\lambda$ , заключенный между плоскостью начального меридиана и плоскостью меридиана, проходящего через данную точку. Долготы измеряют от начального меридиана к востоку и к западу и называют соответственно восточными и западными. Долготы изменяются в пределах от 0 до 180°.



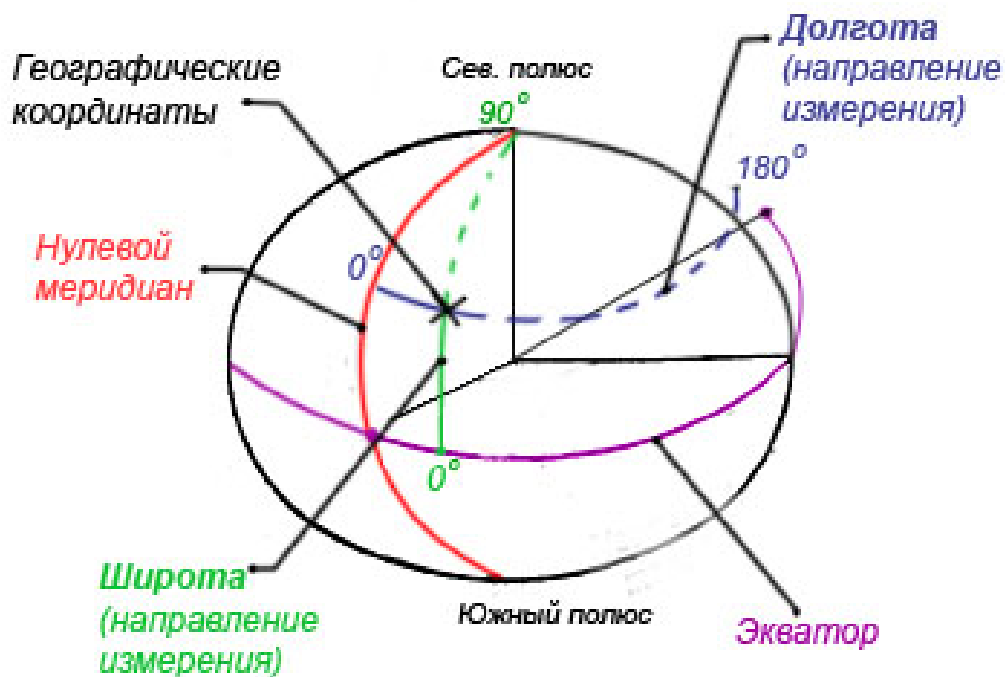


Рисунок 4. Географическая система координат

2. *Зональная система плоских прямоугольных координат* (см. рис. 5). В практических целях возникает необходимость установления зависимости между географическими и прямоугольными координатами для одной и той же точки, расположенной на поверхности земли. Для этого применяют зональную систему прямоугольных координат Гаусса – Крюгера, позволяющих проектировать поверхность земного сфероида на горизонтальную плоскость.

В зональной системе прямоугольных координат поверхность земного эллипсоида делят меридианами через  $6^\circ$  на 60 зон. Нумерацию зон ведут от нулевого (Гринвичского) меридиана на восток. Поверхность каждой зоны изображается по определенным правилам на плоскости и имеет самостоятельную систему координат.

*Осевой меридиан* – меридиан, который делит зону пополам. Осевой меридиан каждой проектируемой зоны принимают за ось X – абсцисс, линию экватора за ось Y – ординат. Точка пересечения осей является началом координат O.

Схема расположения зон земного эллипсоида на плоскости

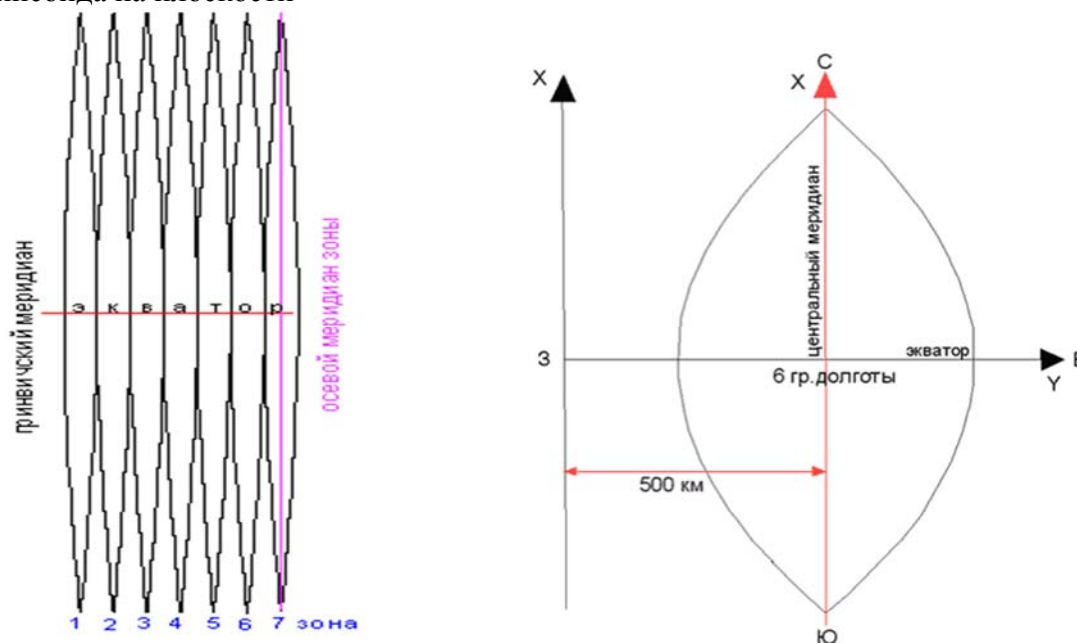


Рисунок 5. Зональная система координат

Координатные оси разбиты через 1км. Координата X любой точки указывает на удаление от экватора, а координата Y на удаление от осевого меридиана. Перед ординатами точек ставят номера зон. Наибольшая ширина шестиградусной зоны не превышает 385 км.

**Задача.** Определить долготы  $L_в$  (восточная) и  $L_з$  (западная) меридианов, ограничивающих 24 - координатную зону.

**Решение.**

$$L_в = \text{№зоны} \cdot 6^\circ = 24 \cdot 6^\circ = 144^\circ$$

$$L_з = L_в - 6^\circ = 144^\circ - 6^\circ = 138^\circ.$$

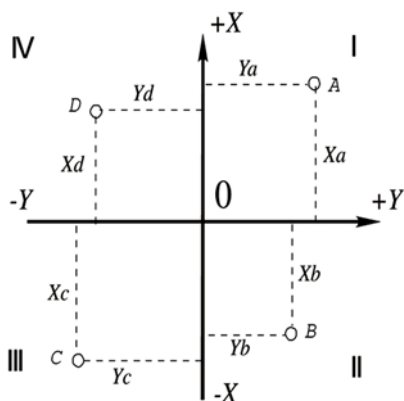


Рисунок 6. Система плоских прямоугольных координат

3. *Плоские прямоугольные координаты* (см. рис. 6).

Если размеры участка, на котором производятся геодезические работы, позволяют не принимать во внимание сферичность Земли, то пользуются системой плоских декартовых координат.

Координатные оси делят плоскость на четыре четверти: I (СВ), II (ЮВ), III (ЮЗ), IV (СЗ). Положение любой точки на плоскости определяется двумя ее координатами X и Y, т.е. длинами перпендикуляров, опущенных из точки на координатные оси.

4. *Полярная система координат* (см. рис.7). В полярной системе координат основой являются полюс O, помещенный в какой либо точке земной поверхности, и ось O, называемая

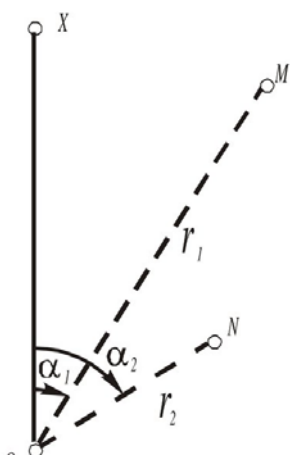


Рисунок 7. Полярная система координат

полярной осью. Положение любой точки в этой системе координат определяется полярным углом  $\alpha$ , измеряемым между полярной осью и направлением на определяемую точку и радиус – вектором  $r$  – расстоянием от полюса до определяемой точки.

5. Система высот точек земной поверхности (см. рис. 8). Для определения положения точек физической поверхности Земли недостаточно знать только их плановые координаты, так как они определяют лишь положение проекций этих точек на поверхности эллипсоида. Необходимо знать еще третью координату – высоту.

*Абсолютной отметкой* точки ( $H$ ) называется расстояние в метрах по отвесной линии от основной уровенной поверхности до точки на физической поверхности земли.

Если высоты точек определены не от основной уровенной поверхности, а от какого-либо другого уровня, такие высоты называют *условными*.

Разность абсолютных отметок двух точек называют *превышением*.

$$h = H_A - H_B.$$

Расстояние по отвесной линии в метрах от любой другой уровенной поверхности до данной точки называют *условной высотой* точки (рис.5- $H'$ с).

За начало счета высот точек земной поверхности принят нуль Кронштадского футштока\*. Такая система отсчета высот называется Балтийской.

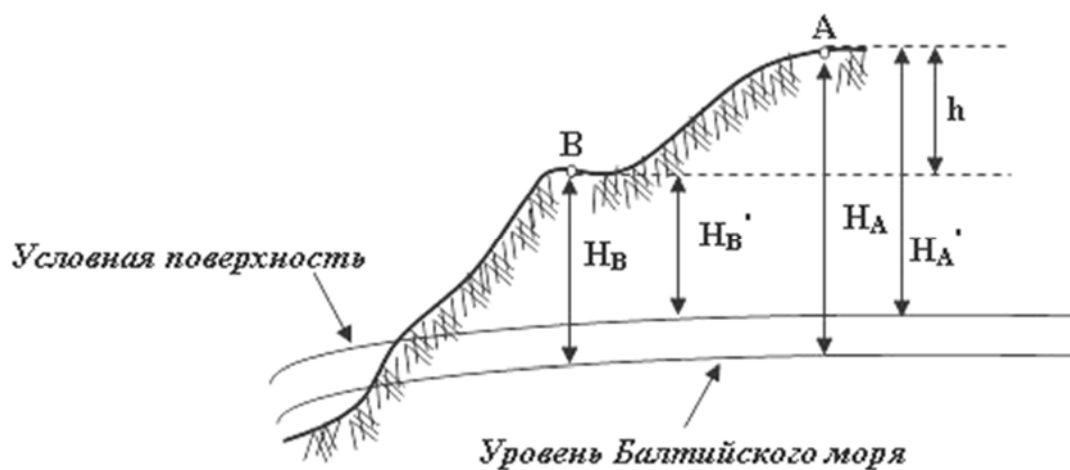


Рисунок 8. Система высот

**Задача.** Определить превышение ( $h_{BA}$ ) точки B над точкой A, если известны высоты  $H_B = 43.24$  м и  $H_A = 99.36$  м.

**Решение.**

$$h_{BA} = H_B - H_A = 43.24\text{ м} - 99.36\text{ м} = - 56.12\text{ м}$$

## Тема 1.1.2. Понятие о карте, плане. Масштабы

*Планом* называют уменьшенное и подобное изображение горизонтальной проекции небольшого участка земной поверхности на плоскости.

Если на плане показаны только контуры предметов местности, его называют *контурным*. Планы, на которых кроме ситуации изображен и рельеф местности, называют *топографическим*.

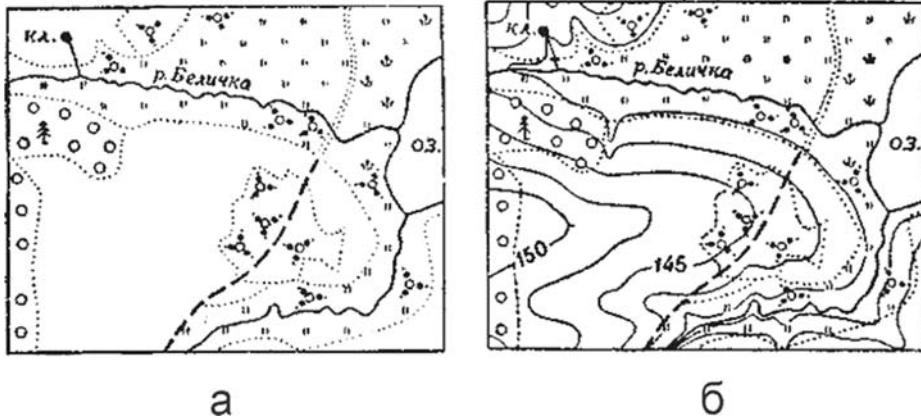


Рисунок 9. Виды планов: а – контурный, б – топографический.

*Картой* называют уменьшенное подобное изображение значительных территорий земной поверхности, построенных по определенным картографическим законам с учетом кривизны земли.



Рисунок 10. Изображение объектов на картах разного масштаба

Топографические планы или карты в мелиоративном производстве размножают для различных целей: на копиях планов проектировщики проектируют объекты гидромелиоративных систем; почвоведы, геологи и гидрогеологи наносят специальную нагрузку – почвы, грунты, глубину залегания подземных вод; часть копий с запроектированными элементами гидромелиоративной системы передают землепользователям.

Различие между картой и планом состоит в следующем:

а) на картах учитывается кривизна земли, а при создании планов кривизной земли пренебрегают;

б) длины, углы и площади контуров горизонтальной проекции на плане не искажаются, а на карте искажаются;

в) на картах имеется картографическая сетка меридианов и параллелей.

*Профиль* – уменьшенное изображение на плоскости вертикального разреза земной поверхности по заданному направлению.

Горизонтальные проложения линии местности невозможно нанести на бумагу в натуральную величину. Их изображают в некотором уменьшении. Отношение длины отрезка линии на плане или карте к длине горизонтального проложения этой линии на местности называют *масштабом*.

Масштабы различают *численные* и *графические*.

Для удобства вычислений это отношение представляют дробью, у которой числитель равен единице, а знаменателем масштаба подбирают круглое число, что создает удобство пользованием им. Так, например, масштабы 1:1000; 1:5000; 1:10 000; выражают, что уменьшение горизонтальных проекций линий местности произведено соответственно в тысячу, в пять тысяч и в десять тысяч раз или что 1 сантиметр на плане представляет на местности 1000, 5000, 10 000 сантиметров, т.е. 10 метров, 50 метров, 100 метров.

При сравнении двух масштабов, более крупным называют тот, у которого знаменатель меньше, и, наоборот, чем больше знаменатель, тем масштаб мельче.

*1. Численный масштаб* — это дробь, в числителе которой стоит единица, а знаменатель – число, показывающее, во сколько раз длина горизонтального проложения линии на местности уменьшена при перенесении на план.

На основании этих двух определений можно записать формулу масштаба:

$$\frac{d_{пл}}{d_m} = \frac{1}{m}$$

где  $d_{пл}$  - длина линии на плане,  $d_m$  – длина горизонтального проложения линии местности,  $m$  – степень уменьшения горизонтального проложения при изображении его на плане или карте.

Численный масштаб применяют при решении следующих задач:

*1. Зная длину линии на плане или карте, вычислить длину горизонтального проложения этой линии на местности.*

**Задача.** Масштаб плана 1:5000 (1см – 50м). Длина линии на плане  $d_{пл} = 2,6$  см. Определить соответствующую ей линию на местности  $d_m$ .

**Решение:**

$$d_m = d_{пл} \times \alpha,$$

где  $\alpha$  – число метров на местности, соответствующее 1 см плана. Для масштаба 1: 5000 в 1см – 50м.

$$d_m = 2,6 \times 50 = 130 \text{ м.}$$

2. Зная длину горизонтального проложения линии на местности, вычислить соответствующую ей длину на плане в заданном масштабе.

**Задача.** Длина линии на местности (ее горизонтальное проложение) равна  $d_m = 162,48$  м. Определить, какой будет ее длина  $d_{пл}$  на плане масштаба 1:2000, с точностью 0,1 мм.

**Решение:**

$$d_{пл} = d \text{ м} : \alpha,$$

где  $\alpha$  – число метров на местности, соответствующее 1 см плана. Для масштаба 1:2000 в 1 см – 20 м.

$$d_{пл} = 162,48 : 20 = 8,124 \text{ см} = 81,2 \text{ мм.}$$

Численный масштаб неудобен в практической работе тем, что для определения расстояния на планах и картах прибегают к арифметическим вычислениям. При значительном объеме эти вычисления утомительны. Поэтому в практике вместо численных применяют графические масштабы, которые бывают двух видов - *линейные* и *поперечные*.

*Линейный масштаб* – графическое изображение численного масштаба в системе линейных мер.

Для построения линейного масштаба проводят две параллельные прямые линии на расстоянии 2-3 мм одна от другой, на которых несколько раз откладывают равные отрезки, называемые *основанием масштаба*. Чаще всего за основание линейного масштаба принимают отрезок, равный от 1 см до 5 см. Масштаб с основанием, равным 2 см, называют *нормальным линейным масштабом* (см. рис. 11, а). Крайнее левое основание делят на десять равных частей, которые называются делениями основания масштаба. В конце каждого основания подписывают *величину линейного масштаба* – число метров местности, соответствующее основанию линейного масштаба. Нулевой штрих подписывают в конце левого крайнего основания. Он обозначает начало отсчета длин от него влево и вправо.

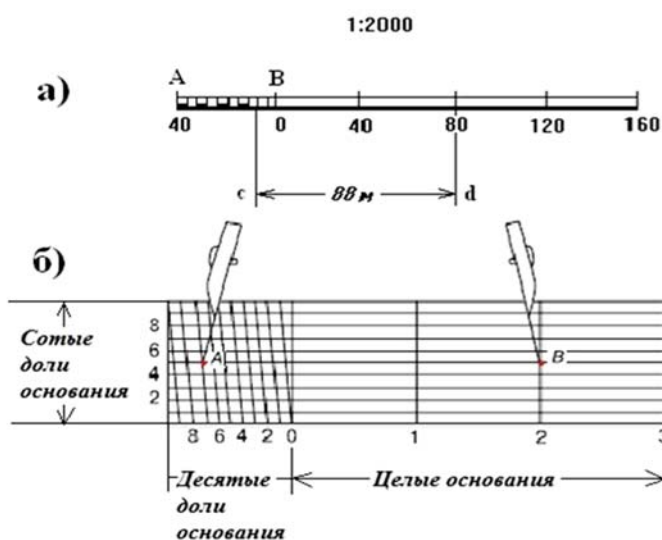


Рисунок 11. Масштабы: а – линейный, б – поперечный

Пользование линейным масштабом несложно. Для того чтобы определить расстояние на местности, соответствующее отрезку на плане заданного масштаба, надо взять раствор



циркуля-измерителя, равный этому отрезку. Затем правую иглу циркуля - измерителя ставят на одно из делений масштаба.

Левая игла циркуля измерителя при этом расположится или на нулевом делении (если линия содержит целое число оснований), или в пределах левого основания масштаба, имеющего десять мелких делений. Подсчитав число целых мелких делений, оценивают на глаз оставшуюся долю деления.

Из рис. 11 видно, что каждый отрезок составляет сумму двух частей: от нуля до правой иглы и от нуля до левой иглы циркуля – измерителя.

Точность определения длин линий по линейному масштабу без оценки «на глаз» ограничено расстоянием, равным 0,1 основания масштаба.

*Поперечный масштаб* – это график, построенный на основании линейного масштаба (рис.12). Этот масштаб применяют для измерения линий на планах с повышенной точностью. За основание масштаба обычно принимают отрезок в 2 см.

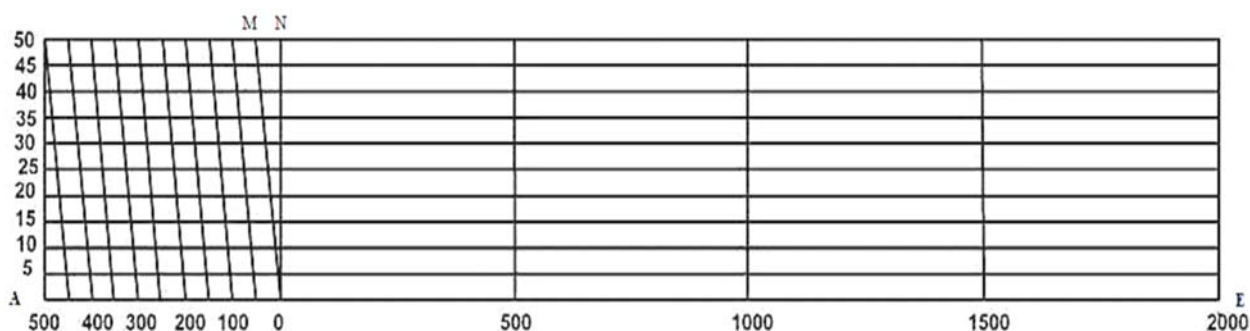


Рисунок 12.

На рис.12 приведен поперечный масштаб с основанием ОА. Для его построения откладывают на прямой АЕ несколько отрезков, равных основанию масштаба. В конце каждого отрезка расставляют перпендикуляры. Нижнее и верхнее основания (левое крайнее) делят на 10 равных частей. Нулевой штрих О нижнего основания соединяют с первым штрихом М верхнего основания.

Через остальные точки деления проводят ряд параллельных линий, называемых трансверсалими. Такой масштаб называют *сотенным* или *нормальным*. Отрезок MN называют наименьшим делением поперечного масштаба. Величину отрезка MN нормального масштаба определяют из подобия треугольников OMN и Omn; из пропорции

$$mn: MN = On : ON$$

следует

$$1/10 = MN (On: ON).$$

По условиям построения отрезок On составляет 1/10 ON, а отрезок MN - 1/10 основания масштаба ОА.

Следовательно, наименьшее деление нормального (сотенного) поперечного масштаба составляет одну сотую его основания:

$$mn = 1/100 \text{ OA}$$

Половина наименьшего деления нормального поперечного масштаба, которую можно различить на глаз, равна 0,1 мм. Горизонтальное проложение линий на местности, соответствующее 0,1 мм на плане, называют *точностью масштаба*. Точность зависит от численного масштаба и по абсолютной величине различна:

Численный масштаб: 1:200, 1:500, 1:1 000, 1:2 000, 1:5 000, 1:10 000, 1:25 000.

Точность масштаба, м: 0,02, 0,05, 0,1, 0,2, 0,5, 1,0, 2,5.

Определение расстояния на местности, соответствующего отрезку на плане, с помощью поперечного масштаба рассмотрим ниже в пункте 1.3.

### **Практическое задание 1. Измерение расстояний на топографической карте.**

*Определить длину линии с помощью численного, линейного и поперечного масштабов.*

Пункт 1.1. Определение длины линии численным масштабом.

#### **Порядок выполнения работ:**

1. Определяем число метров местности, соответствующее одному сантиметру на карте (оно равно значению знаменателя численного масштаба карты без двух нулей).

Пример: 1:10 000, в 1 см - 100 м  
1: 25 000, в 1 см – 250 м

2. При помощи линейки измеряем расстояние на карте в сантиметрах между заданными точками.

3. Умножаем число сантиметров, полученных в результате измерения, на число метров, соответствующих одному сантиметру карты и получим искомое расстояние в метрах.

Пример: Определить расстояние между точками 1-2 на карте масштаба 1:10 000.

- Для данного масштаба в 1 см – 100 м.

- Длина линии 1-2 равно 4,5 см.

- Следовательно, длина линии 1-2 на местности будет равна:

$$100 \times 4,5 = 450 \text{ м.}$$

Пункт 1.2. Измерение расстояния при помощи линейного масштаба.

#### **Порядок выполнения работ:**

1. Устанавливаем ножки измерителя в начальную и конечную точки измеряемой линии.



2. Прикладываем измеритель к линейному масштабу так, чтобы одна его ножка была установлена точно на линии деления вправо от нуля, а другая находилась в пределах левого крайнего деления.

3. Определяем длину линии, прибавляя к числу метров, подписанных над штрихом правой ножки измерителя число метров, полученных от произведения числа делений от нуля до левой ножки измерителя умноженного на цену малого деления.

Пример. Определить длину линии 1-2 пользуясь линейным масштабом (рис. 13). Основание линейного масштаба равно 2см. Соответственно длина линии 1-2 будет равна:

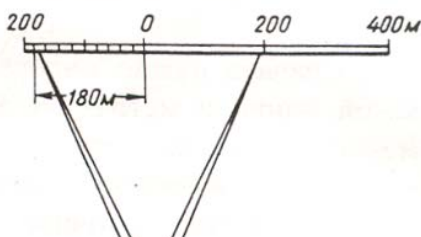


Рисунок 13. Пример для линейного масштаба

$200\text{м} + 9 \times 20\text{м} = 200\text{м} + 180\text{м} = 380\text{м}$ ,  
где, 9 – число делений от нуля до левой ножки измерителя.

Пункт 1.3. Измерение расстояния с помощью поперечного масштаба.

#### **Порядок выполнения работ:**

1. Определяем цену делений на поперечном масштабе, если основание равно,  $a = 2$  см (нормальный поперечный масштаб), а масштаб карты 1:5 000. 1см – 50 м, а 2см – 100м, следовательно 1 б.д. (большое деление) соответствует 100м, малое деление в 10 раз меньше большого деления, следовательно 1 м.д. соответствует 10м, перемещение по высоте в 10 раз меньше малого деления, следовательно 1 п.п.в. соответствует 1 м.

2. Фиксируем длину линии циркулем - измерителем.

3. Прикладываем измеритель к поперечному масштабу таким образом, чтобы правая иглолка измерителя находилась на одной из вертикальных линий вправо от нуля, а левая находилась в пределах левого крайнего деления.

4. Поднимаем измеритель вверх до тех пор, пока левая игла не совпадет с одной из наклонных линий (трансверселей), при этом необходимо следить, чтобы обе иглолки измерителя находились на одной прямой, параллельной нижней линии оснований.

5. Искомая длина определяется по горизонтальной прямой на которой стоят иглы ножек измерителя и равняется сумме отрезков:

- количество больших делений (считают от нуля вправо) умноженных на цену их делений + количество малых делений (считают первой трансверсалью и трансверсалью, на которой стоит левая игла), умноженных на цену этого деления + количество перемещений по высоте (считают снизу вверх по трансверсале), умноженных на цену этого деления.

Пример. Определим длину линии изображенной на нормальном поперечном масштабе (рис. 14).

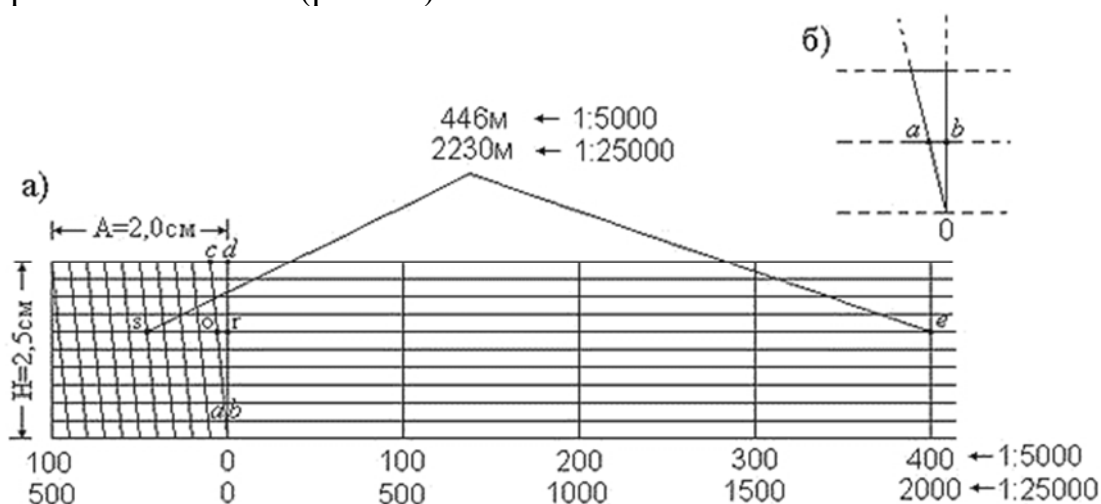


Рисунок 14. Пример для поперечного масштаба

1. Основание нормального поперечного масштаба равно 2см, масштаб карты 1:5000. 1см – 50 м, а 2см – 100м, следовательно

б.д. - 100м

м.д. - 10м

п.п.в - 1м

Считаем количество делений. Искомая длина будет равна:

б.д.  $4 \times 100 = 400$

м.д.  $4 \times 10 = 40$

п.п.в.  $6 \times 1 = 6$

$400\text{м} + 40\text{м} + 6\text{м} = 446 \text{ м.}$

2. Основание нормального поперечного масштаба равно 2см, масштаб карты 1:25 000. 1см – 250 м, а 2см – 500м, следовательно

б.д. - 500м

м.д. - 50м

п.п.в - 5м

Считаем количество делений. Искомая длина будет равна:

б.д.  $4 \times 500 = 2000$

м.д.  $4 \times 50 = 200$

п.п.в.  $6 \times 5 = 30$

$2000 \text{ м} + 200 \text{ м} + 30 \text{ м} = 2230 \text{ м.}$

### Тема 1.1.3. Государственная разграфка и номенклатура карт и планов

В нашей стране принят следующий ряд масштабов топографических карт: 1:1 000 000, 1:500 000, 1:300 000, 1:200 000, 1:100 000, 1:50 000, 1:25 000, 1:10000; для планов: 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000, 1:500.

По масштабам карты условно подразделяются на:

- а) крупномасштабные (топографические) от 1:100 000 и крупнее;
- б) среднемасштабные (обзорно-топографические) от 1:200 000 до 1:1 000 000;
- в) мелкомасштабные (обзорные) от 1:1 000 000 и мельче.

Система обозначения (нумерация) отдельных листов карт различных масштабов называется *номенклатурой*.

За основу номенклатуры топографических карт в нашей стране принята международная разграфка карты масштаба 1:1 000 000 (рис.15).

Для этого всю поверхность земного эллипсоида делят меридианами через  $6^\circ$  по долготе на 60 колонн. Нумерацию колонн ведут на восток от меридиана с долготой  $180^\circ$  арабскими цифрами от 1 до 60.

Горизонтальные ряды (пояса) образуются параллелями через  $4^\circ$  по широте, счет которых ведут в обе стороны от экватора к Северному и Южному полюсам. Ряды обозначаются заглавными буквами латинского алфавита.

Номенклатура (название) каждого листа карты масштаба 1:1 000 000 состоит из буквы пояса и номера колонны. Например: N- 37. Лист карты миллионного масштаба делят:

а) на четыре листа карт масштаба 1:500 000, обозначаемых добавлением заглавных букв А, Б, В, Г к номеру миллионной карты, например N- 37 – А;

б) на 36 листов карт масштаба 1:200 000, обозначаемых римскими цифрами от I до XXXVI; например лист N- 37 – X;

в) на 144 листа карт масштаба 1:100 000, обозначаемых арабскими цифрами от 1 до 144; например N- 37 -120.

Каждый лист карты 1:100 000 делят на 4 листа карт в масштабе 1:50000, обозначаемых припиской букв А, Б, В, Г к номенклатуре соответствующего листа карты масштаба 1:100 000; например лист N- 37 – 54– А.

Одному листу 1:50 000 соответствует 4 листа карты в масштабе 1:25 000, обозначаемых строчными буквами *a, б, в, г*, например N-37–54–В–*a*.

Каждый лист карты 1:25 000 делят на 4 листа карты в масштабе 1:10 000, обозначаемых цифрами 1,2,3,4; Например: N- 37 – 54 – В – *a* – 2.

Каждый лист карты масштаба 1:100 000 делят на 256 листов плана масштаба 1:5000, обозначаемых цифрами от 1 до 256 заключенных в скобки, например: N- 37 -54 – (256).

Для топографических карт и планов, создаваемых на участке площадью менее 20 км<sup>2</sup>, обычно применяют прямоугольную разграфку с размерами

рамок 40×40 см планов масштаба 1:5000 и 50×50 см планов масштаба 1:2000, 1:1000, 1:500.

Лист плана масштаба 1:2 000 получается делением на 9 частей листа плана масштаба 1:5 000 и обозначается строчными буквами русского алфавита а, б, в, г, д, е, ж, з, и. Номенклатура плана масштаба 1:2 000 состоит из номенклатуры плана масштаба 1:5 000 с добавлением в скобках соответствующих букв. Например: N- 37 -54 – (256 - ж).

При съемке в масштабе 1:1000 трапеция масштаба 1:2000 делится на четыре части, которые обозначаются римскими цифрами I,II,III,IV, а для получения трапеции масштаба 1:500 лист плана масштаба 1:2000 делится на 16 частей, пронумерованных арабскими цифрами от 1 до 16.

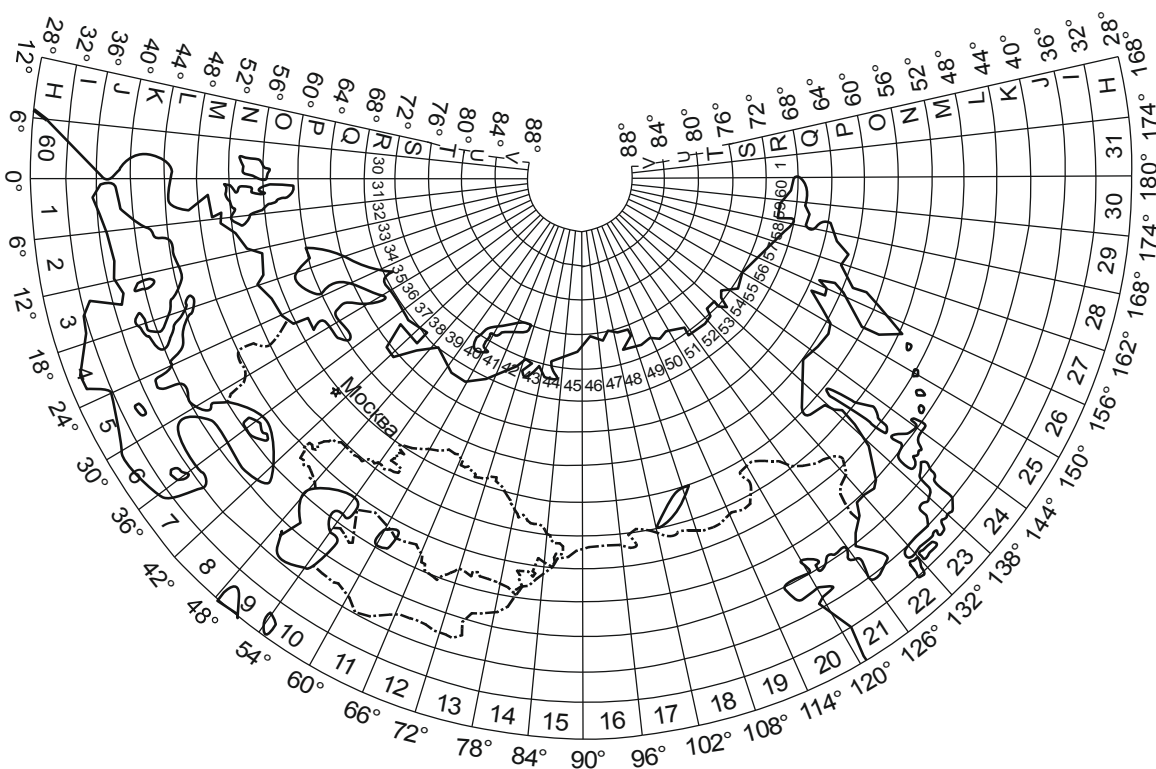


Рисунок 15. Международная разграфка карты масштаба 1:1 000 000

Зона 7 в проекции Гаусса-Крюгера,  
разделенная на листы масштаба 1:1000000

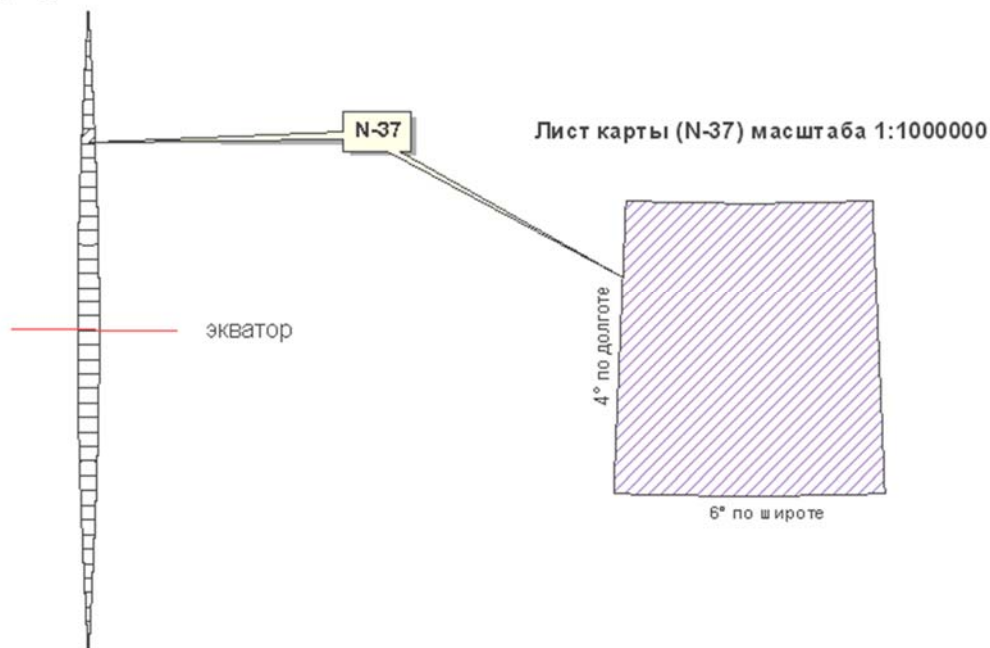
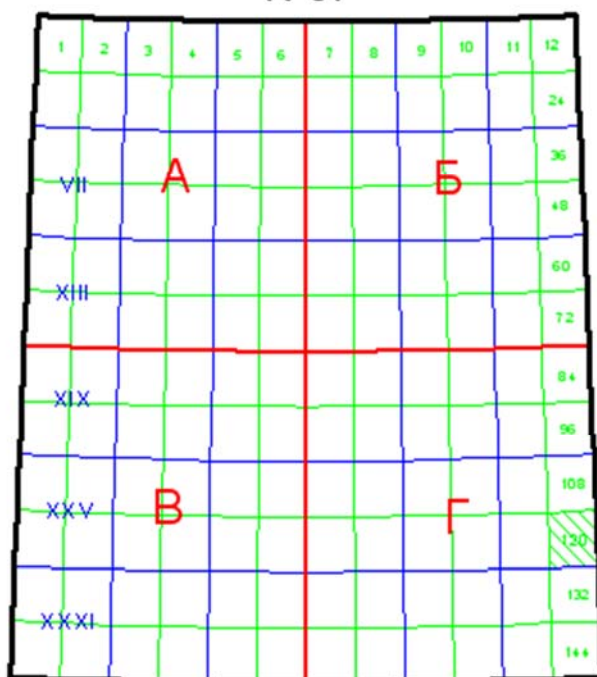


Рисунок 16. Схема получения листов карты масштаба 1:1 000 000

Разграфка и номенклатура топографических карт  
N-37



1:1000000	N-37
1:500000	N-37-A
1:200000	N-37-VII
1:100000	N-37-7

Разграфка и номенклатура топографических карт (2)

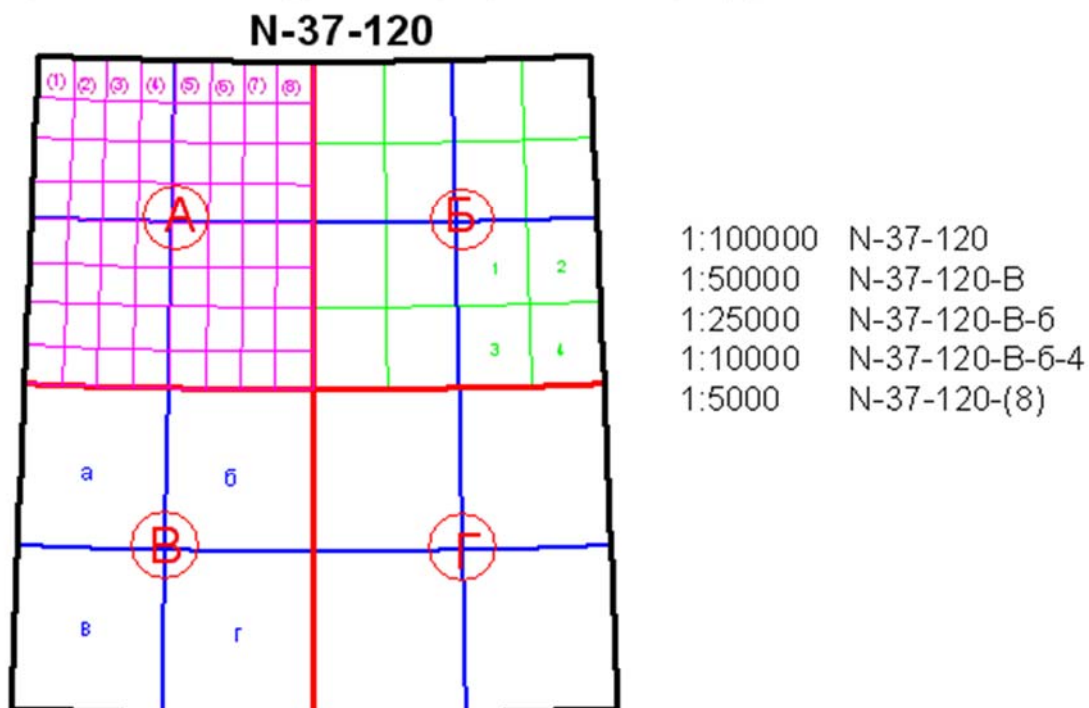


Рисунок 17. Разграфка и номенклатура карт

Таблица 1. Деление карт и планов по масштабам

Масштаб	Размер листа, град		Количество листов		Примерная площадь листа на широте 54°, км <sup>2</sup>
	по долготe	по широте	в листе карты исходного масштаба	в листе миллионной карты	
1:1 000 000	6°	4°	1	1	175 000
1:500 000	3°	2°	4	4	44 000
1:200 000	1°	0°40'	36	36	5 000
1:100 000	0°30'	0°20'	144	144	1 200
1:50 000	0°15'	0°10'	4	576	300
1:25 000	0°07'30"	0°05'	4	2304	75
1:10 000	0°03'45"	0°02' 30"	4	9216	19
1:5 000	0°01'52,5"	0°01'15"	256	36864	4*
1:2 000	0°00'37,5"	0°00'25"	9	331 776	1*

## Практическое задание 2. Определение номенклатуры топографических карт

*Определить номенклатуру листов карт масштабов 1:1 000 000, 1:100 000, 1:50 000, 1:25 000, на которых находится точка с заданными географическими координатами: широта  $\varphi$  и долгота  $\lambda$ , нарисовать схему разграфки этих листов.*

Пункт 2.1. Определение номенклатуры листа карты.

**Даны географические координаты точки:  $\varphi = 12^{\circ}23'$ ,  $\lambda = 36^{\circ}06'$ .**

Решение этой задачи заключается в выборе листа карты нужного масштаба по широте и долготе граничных параллелей и меридианов листа и по заданным координатам точки.

### **Порядок выполнения задания:**

1. По рис. 15 определяем номенклатуру листа карты масштаба 1:1 000 000.

На примере: лист 1:1 000 000 имеет номенклатуру D – 37 с географическими координатами  $\varphi_{ю} = 12^{\circ}$ ,  $\varphi_{с} = 16^{\circ}$  и  $\lambda_{з} = 36^{\circ}$ ,  $\lambda_{в} = 42^{\circ}$ .

2. По рис. 17 намечаем путь от листа карты масштаба 1:1 000 000 к листу карты масштаба 1:25 000.

3. Выполняем разграфку найденного миллионного листа карты на листы карты масштаба 1:100 000 и определяем номенклатуру листа карты масштаба 1:100 000; На примере: лист 1:100 000 имеет номенклатуру D – 37 – 121 с географическими координатами  $\varphi_{ю} = 12^{\circ}20'$ ,  $\varphi_{с} = 12^{\circ}40'$  и  $\lambda_{з} = 36^{\circ}$ ,  $\lambda_{в} = 36^{\circ}30'$ .

4. Выполняем разграфку найденного листа карты масштаба 1:100 000 на листы масштаба 1:50 000 и определяем номенклатуру листа карты масштаба 1:50 000;

На примере: лист 1:50 000 имеет номенклатуру D – 37 – 121 – В с географическими координатами  $\varphi_{ю} = 12^{\circ}20'$ ,  $\varphi_{с} = 12^{\circ}30'$  и  $\lambda_{з} = 36^{\circ}$ ,  $\lambda_{в} = 36^{\circ}15'$ .

5. Выполняем разграфку найденного листа карты масштаба 1:50 000 на листы масштаба 1:25 000 и определяем номенклатуру листа карты масштаба 1:25 000.

*Номенклатура листа карты масштаба 1:25 000, на которой находится точка с заданными географическими координатами - **D – 37 – 121 – В – в.***

Пример выполнения разграфки с пункта 2.1. приведен на рис. 18.

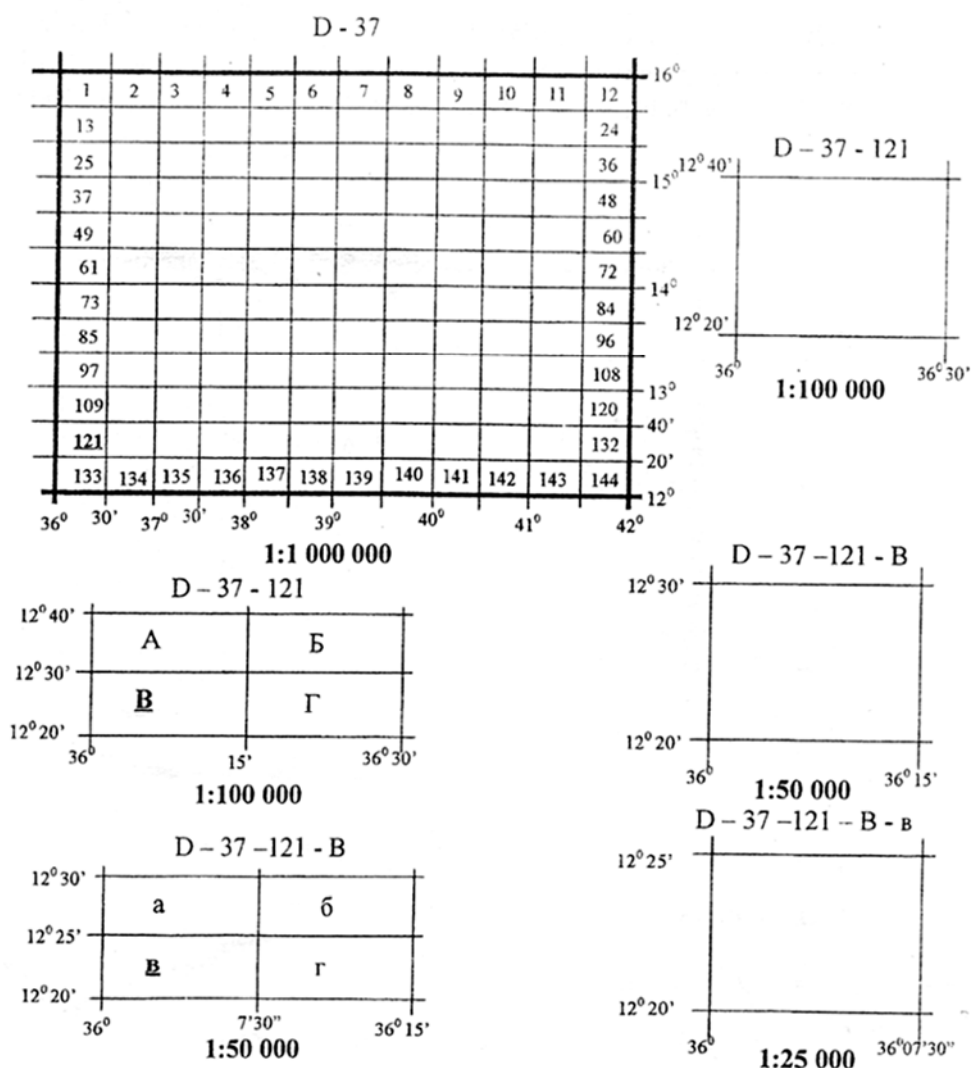


Рисунок 18. Определение номенклатуры листа карты масштаба 1:25 000.

Пункт 2.2. Определение номенклатуры соседних листов карт.

**Порядок выполнения задания:**

1. Рисуем 9 прилегающих один к другому прямоугольников;
2. В центральном прямоугольнике пишем номенклатуру листа карты масштаба 1:25 000, найденного при выполнении пункта 2.1.;

На примере: **D - 37 - 121 - B - в.**

3. В соответствии с разграфкой листа карты масштаба 1:50 000 в трех соседних прямоугольниках пишем номенклатуру еще трех листов карты масштаба 1:25 000 (на рис. 19 – это соседние листы: с севера (а), с востока (г), с северо-востока (б));

На примере: с севера - **D - 37 - 121 - B - а**, с северо-востока - **D - 37 - 121 - B - б**, с востока - **D - 37 - 121 - B - г**.

4. В соответствии с разграфкой листа 1:50 000 определяем последнюю букву номенклатуры остальных пяти соседних листов (на рис. 19 – это буквы: а – с юга, б – с юго-востока, г – с запада, б – с северо-запада, б-с юго-запада);



5. В соответствии с разграфкой листа карты масштаба 1:100 000 определяем вторую с конца букву номенклатуры пяти соседних листов (Г – с запада и с северо-запада, Б – с юго-запада, А - юга и с юго-востока);

6. Аналогично определяем остальные элементы номенклатуры пяти соседних листов (номер сотысячных листов, номер колонны и буква ряда миллионных листов).

Пример выполнения пункта 2.2. показан на рисунке 19.

35°52'30" 36° 36°07'30" 36°15'

D -36 – 132 – Г - б	D -37 – 121 – В - а	D -37 – 121 – В - б	12°30'
D -36 – 132 – Г - г	<b>D -37 – 121 – В - в</b>	D -37 – 121 – В - г	12°25'
D -36 – 144 – Б - б	D -37 – 133 – А - а	D -37 – 133 – А - б	12°20'
12°15'			

Рисунок 19. Определение номенклатуры соседних листов карт.

#### Тема 1.1.4. Условные обозначения топографических карт

Совокупность всех предметов земной поверхности называют *ситуацией*.

Изображение всех элементов ситуации производят стандартными *условными знаками*, обязательными для всех ведомств и учреждений.

Для каждого масштаба создаваемых карт и планов разработаны такие условные знаки, которые дают ясное и наглядное представление о местности и находящихся на ней предметах; внешне они напоминают вид и характер изображаемых предметов.

Условные знаки можно разделить на три группы: контурные, внемасштабные и линейные.

*Контурными* (масштабными, площадными) знаками изображают элементы местности в масштабе плана или карты (луга, леса, пашни, огороды, озера). При помощи контурных условных знаков можно определить месторасположение объекта ситуации, его форму и размеры. На планах и картах площади внутри каждого отдельного контура заполняют установленной формы условными знаками. Границы контура даются точечным пунктиром.

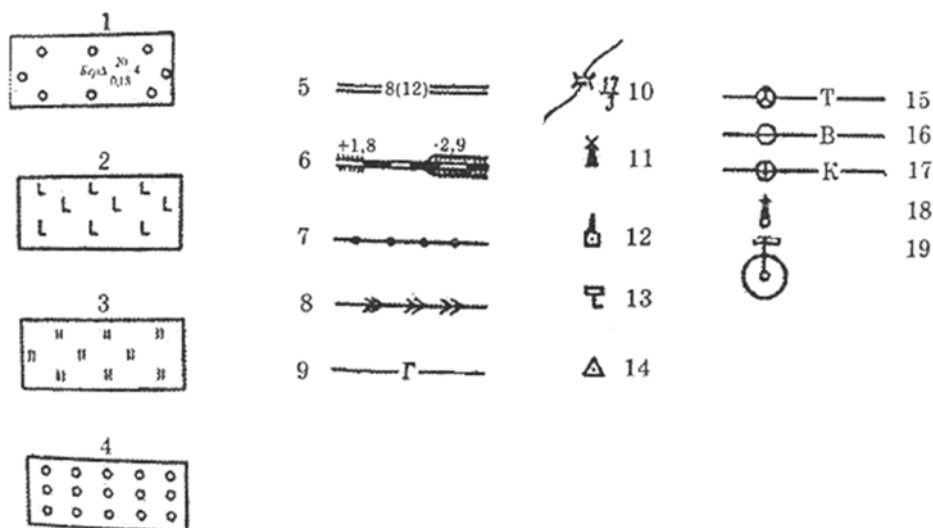


Рисунок 20. Виды условных знаков

*Внемасштабные* условные знаки применяют для изображения предметов местности, которые по своим размерам не могут быть выражены в масштабе плана (карты). Поэтому такие предметы, как километровые столбы, светофоры, указатели дорог, колодцы, заводские трубы и т.п., изображаются на планах и картах без сохранения масштаба. Внемасштабные условные знаки указывают на точное месторасположение предмета, которое определяется центрами этих знаков.

*Линейными* условными знаками изображают железные и автомобильные дороги, линии связи и электропередачи, реки и другие объекты линейного очертания. Положение горизонтального проложения длины каждого изображаемого объекта на планах и картах наносят в точном соответствии с масштабом. Однако, ширина таких вытянутых по длине объектов показывается несколько увеличенной, т.е. не соответствует масштабу плана.

Для обозначения на планах и картах дополнительных сведений и характеристик ситуационных объектов применяют *пояснительные надписи*. К ним относятся: написание высоты насыпи или глубины выемки железнодорожной линии, ширина автодороги, глубины реки, высоты деревьев, их породы и др.

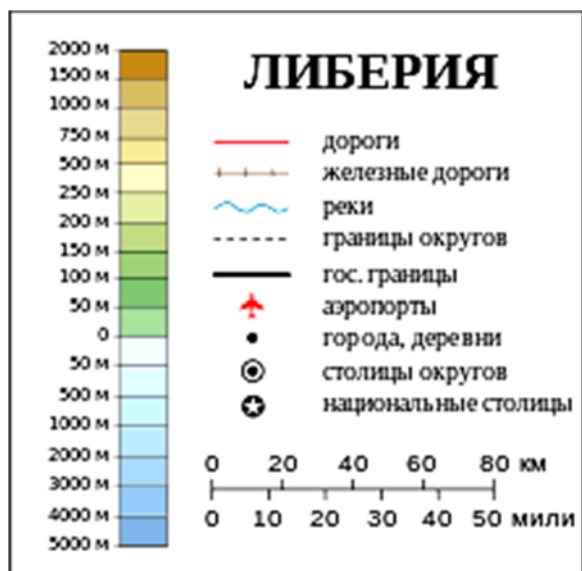


Рисунок 21. Легенда карты

Для придания карте большей наглядности и читаемости пользуются различными цветами при изображении ее элементов: гидрографию, заболоченные участки изображают синим цветом; леса и сады – зеленым; огнеупорные здания, шоссейные дороги – красным; не огнеупорные постройки и улучшенные грунтовые дороги – оранжевым; рельеф – коричневым цветом. Все остальные местные предметы изображаются черным цветом.

### Тема 1.1.5. Рельеф и его изображение на плане

Физическая поверхность земли имеет возвышенности, впадины и другие неровности. Совокупность различных по форме неровностей физической поверхности называется *рельефом*.

В зависимости от сочетания различных форм (характера) рельефа, разности высот точек местность может быть равнинной, холмистой, горной.

Равнинная местность характеризуется отсутствием заметно выраженных неровностей и представляет собой горизонтальную или с небольшим наклоном плоскую поверхность земли.

Холмистая местность отличается заметным непрерывным чередованием повышений и понижений поверхности земли с разностью высот точек до 200 м.

Горная местность - это сочетание горных цепей с крутыми склонами, лежащими выше 500 м над уровнем моря. Разность отметок возвышенностей и понижений в горной местности - более 200 м.

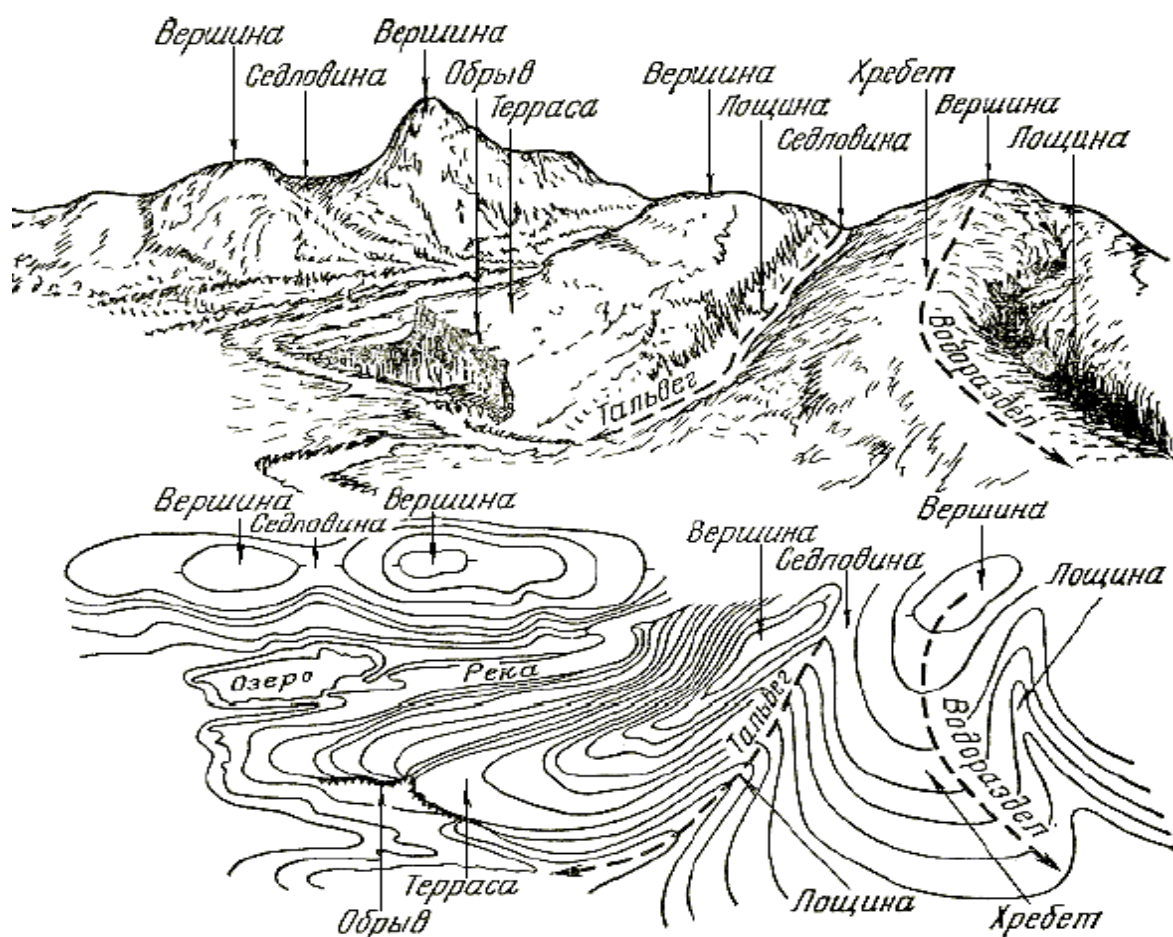


Рисунок 22. Рельеф местности

Все многообразные по сочетанию формы рельефа разделяют на положительные (выпуклые) и отрицательные (вогнутые). К положительным относятся следующие:

*Гора* – конусообразная или куполообразная возвышенность, высота которой более 200 м. У горы различают: вершину, склоны(скаты), подошву (подножие). Остроконечную вершину называют пиком, а плоскую, в виде площадки – плато. Склоны горы ясно выраженные, крутые. Площадка на склоне горы называется уступом или террасой.

*Холм* - сравнительно небольшая (до 200 м) возвышенность с пологими, плавными склонами (рис. 23, а).

*Курган* - искусственно насыпанная возвышенность высотой до 15 м.

*Хребет* - вытянутая и постепенно понижающаяся в одном направлении горная возвышенность с крутыми склонами в обе стороны (рис. 23, в). Линия, проходящая, по самым высоким точкам хребта называется водораздельной или *водоразделом*. Водораздел проходит по волнистой линии пересечения склонов хребта, называемой гребнем.

Основными отрицательными формами рельефа являются:

*Котловина* или *впадина* – чашеобразное углубление на поверхности земли. Котловина имеет дно, скаты и бровку (окраину) – границу перехода котловины в равнину (рис.23, б).

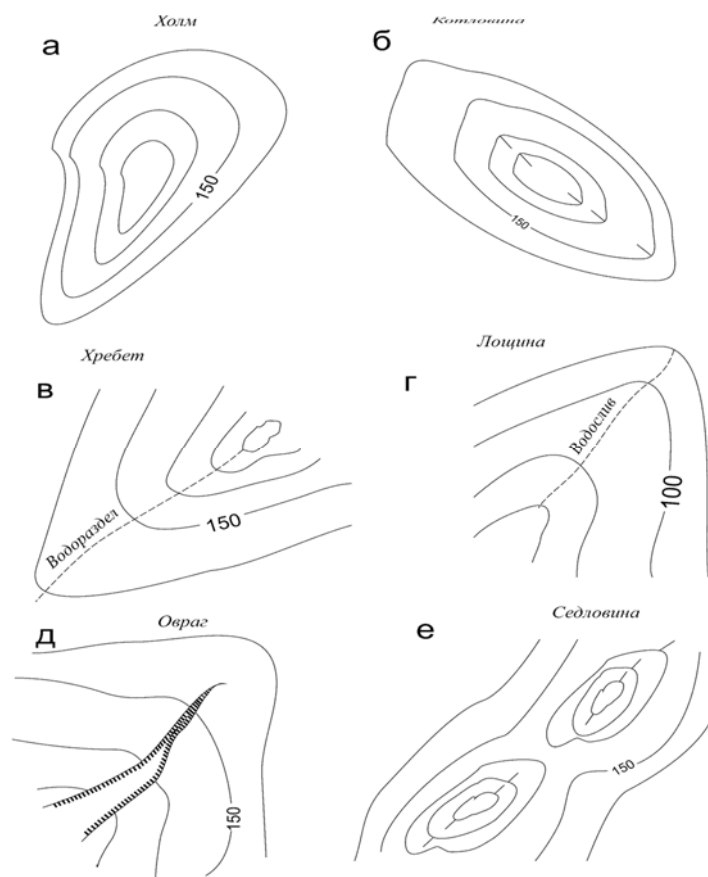


Рисунок 23. Формы рельефа

*Лощина* - вытянутое углубление земной поверхности, понижающееся в одном направлении. Линию, проходящую по самым низким точкам лощины, называют водотоком или *талвегом* (рис.23, г).

В обе стороны от тальвега поднимаются пологие склоны лощины, постепенно переходящие в равнину. Лощина обычно имеет спуск к реке. Лощины с широкими раздвинутыми пологими склонами называют долинами. Игорных районах встречаются узкие и глубокие лощины с крутыми скатами, называемые ущельями. Под действием стекающей воды на склонах местности образуются промоины. Промоины больших размеров с сильно изрезанными крутыми склонами называют *оврагами*. Овраг, покрытый растительностью и имеющий пологие склоны, называется балкой.

*Седловина* - пониженная часть хребта между двумя соседними вершинами, по форме напоминающей седло (рис. 23, е).

Рельеф местности изображают на планах и картах в виде соответствующих условных знаков, которые должны наглядно и точно передавать рельеф, обеспечить возможность определения отметок отдельных точек, крутизну скатов, превышение отдельных точек. Различают следующие способы изображения рельефа на планах и картах: указанием абсолютных отметок, послышной окраски, горизонталями и комбинированный.

Наиболее совершенный – способ горизонталей, дополненный отметками отдельных характерных точек местности. Указанный способ

позволяет наиболее точно передать форму рельефа, он нагляден и прост для использования.

Кривые линии, соединяющие точки с одинаковыми отметками (линии равных высот), называются *горизонталями*. Горизонталь представляет собой след от пресечения поверхности земли уровенной поверхностью. При проектировании этих линий на горизонтальную плоскость проекции в уменьшении соответственно масштабу карты или плана получают ряд замкнутых кривых линий, изображающих горизонтали рельефа.

Интервал по высоте, через который проводят соседние горизонтали, называется *высотой сечения рельефа* (в нашем примере 10 м), а расстояние между горизонталями в плане – *заложением*. Заложение указывает на крутизну ската, чем заложение меньше, тем скат круче.

Горизонтали на топографических планах и картах вычерчивают тонкими сплошными линиями коричневой тушью (жженая сиена). Отметки некоторых горизонталей подписывают на карте, при этом цифры располагают так, чтобы их верх был направлен в сторону повышения ската. Таким образом, по отметке одной горизонтали и известной высоте сечения рельефа, можно определить отметки других горизонталей.

Для более детального изображения рельефа местности на картах наряду с горизонталями служат отметки характерных точек местности; принято на каждом квадратном дециметре карты подписывать от 5 до 15 отметок.

Если при данной высоте сечения рельефа некоторые характерные особенности не могут быть выражены, то их показывают дополнительными горизонталями – полугоризонталями и четверть горизонталями, они проводятся соответственно через половину или четвертую часть принятого на карте значения высоты сечения рельефа.

Чтобы облегчить чтение горизонталей на карте, некоторые из них принято утолщать. При высоте сечения рельефа в 1; 5; 10; 20 м принято утолщать каждую пятую горизонталь с отметками кратными соответственно 5; 25; 50 и 100 м. При высоте сечения рельефа в 2,5 м утолщают каждую четвертую горизонталь с отметками кратными 10 м.

Чтобы на планах и картах можно было отличить возвышенность от углубления, кроме подписи отметок на некоторых горизонталях ставят короткие черточки в сторону понижения ската. Такие черточки называют *бергштрихами*.

Горизонтали характеризуются следующими свойствами:

1. Все точки, расположенные на одной и той же горизонтали, имеют на местности одинаковую высоту.

2. Расстояние между горизонталями (заложение) на плане характеризуют крутизну скатов. На крутых скатах заложение меньше, чем на пологих.

3. Если горизонталь не замыкается в пределах площади плана, она замыкается за его пределами.

4. Горизонтали не могут пересекаться на плане, так как они получаются пересечением земной поверхности горизонтальными плоскостями, лежащими на разных высотах. Исключением из этого правила является изображение горизонталями нависшего утеса [2;5;8].

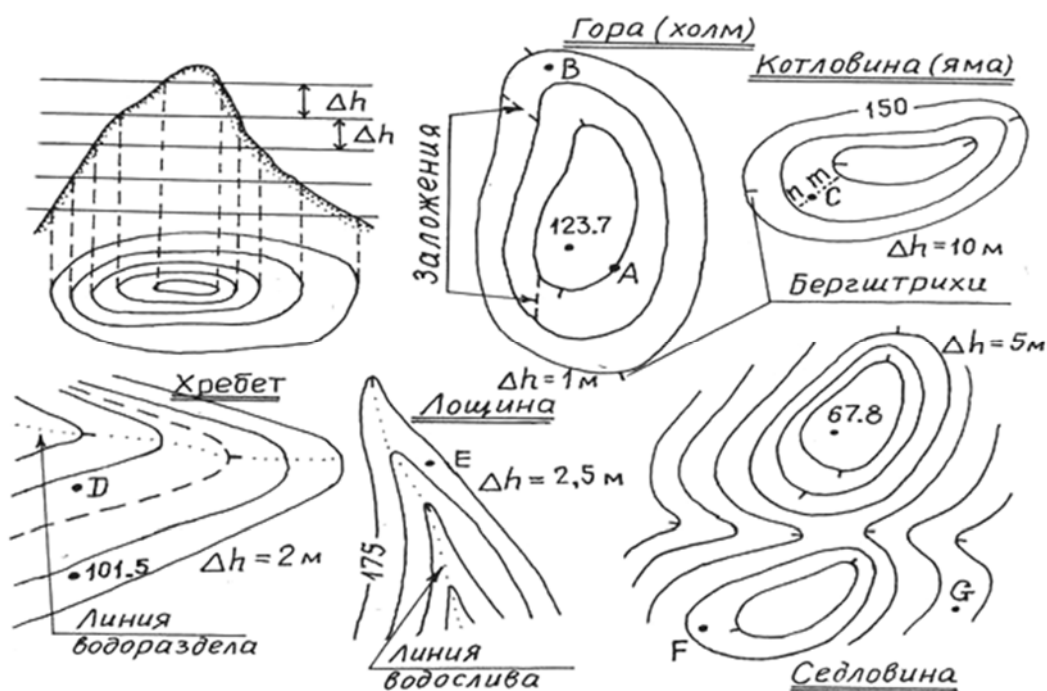


Рисунок 24. Элементы горизонталей

### Тема 1.1.6. Решение задач на топографических картах

При работе с планами и картами, имеющими горизонтали, решают ряд задач, связанных с инженерными изысканиями.

#### 1. Определение отметок точки.

При решении этой задачи возможны следующие случаи:

а) точка, лежит на горизонтали, тогда ее высота равна отметке этой горизонтали;

б) если точка лежит между горизонталями, то ее высота равна отметки младшей (меньшей) горизонтали плюс превышение ее над этой горизонталью.

Из рис. 25 видно, что точка Р находится между горизонталями с точками А и В. Из треугольников  $APP_1$  и  $ABV_1$  выводим пропорцию:

$$\Delta h / h_{\text{сеч}} = l / d,$$

где  $\Delta h$  –превышение точки Р над точкой А,  $h_{\text{сеч}}$  – высота сечения рельефа,  $l$  – отрезок расстояния Р-А,  $d$  – заложение;

из пропорции получаем

$$\Delta h = (l \times h_{\text{сеч}}) : d$$

Высота точки Р определяется по формуле:

$$H_P = H_A + \Delta h.$$

в) если точка находится внутри сомкнутой горизонтали или между горизонталями с одинаковыми отметками, то в этом случае значение отметки горизонтали  $H_{\text{гор}}$  плюс (минус) половина сечения  $h_{\text{сеч}}$ :

$$H_T = H_{гор.} \pm (h_{сеч.} : 2).$$

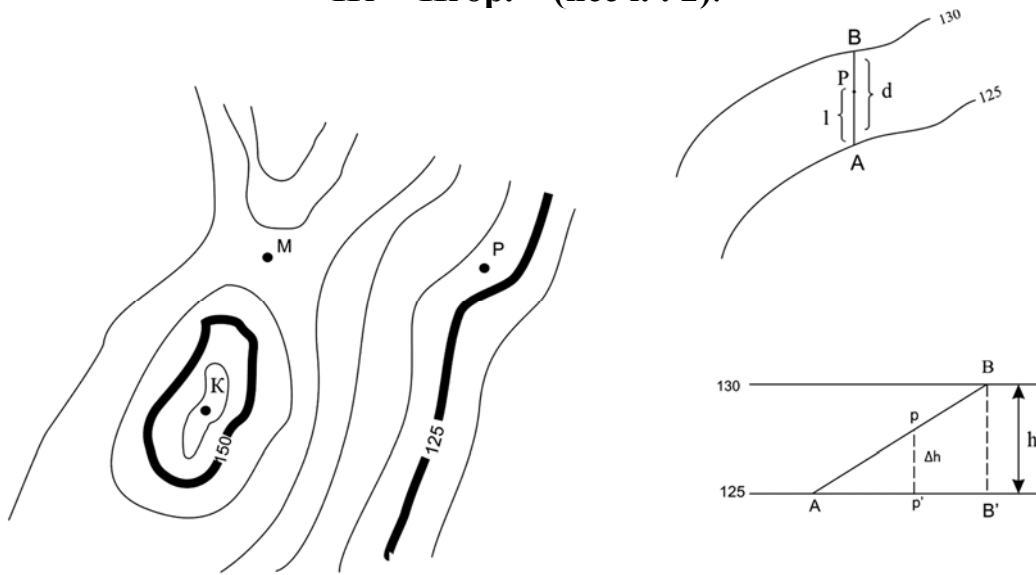


Рисунок 25. Схема определения отметок точек по горизонталям

## 2. Определение уклона линии.

Уклоном линии называют тангенс угла наклона. **Уклон линии** можно вычислить как отношение превышения двух точек к горизонтальному расстоянию между ними:

$$i = \operatorname{tg} \nu = h : d$$

**Масштаб уклонов** – это график зависимости заложения ската от величины уклона и высоты сечения рельефа. Его строят для заданного масштаба плана и принятого сечения рельефа.

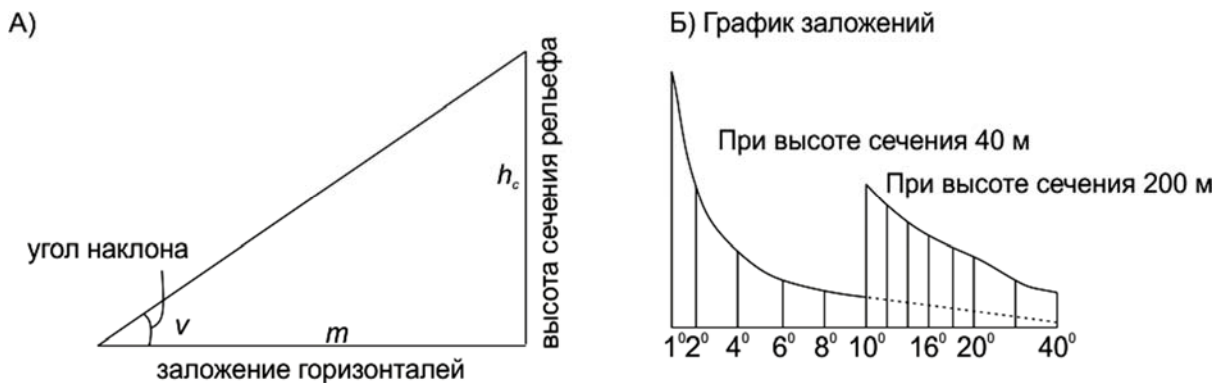


Рисунок 26. Определение уклона

Уклон  $i$  является мерой крутизны ската.

Для определения уклона в створе циркуля берут на плане заложение, например АВ (рис. 27), переносят его на масштаб уклонов и читают уклон - 0,03.



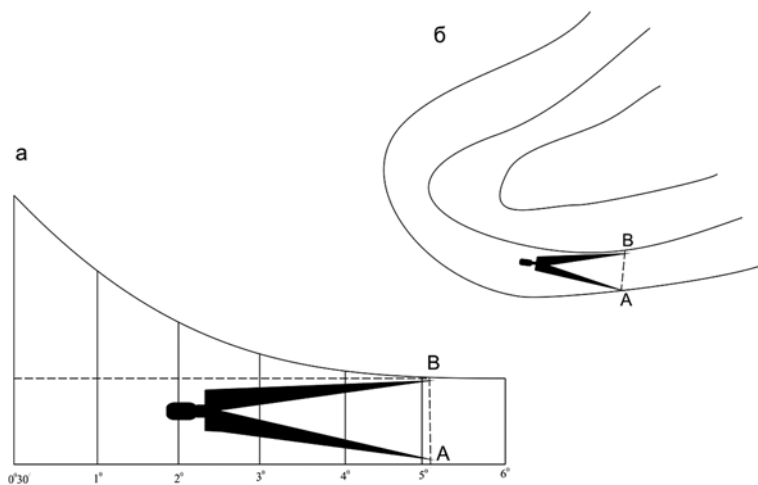
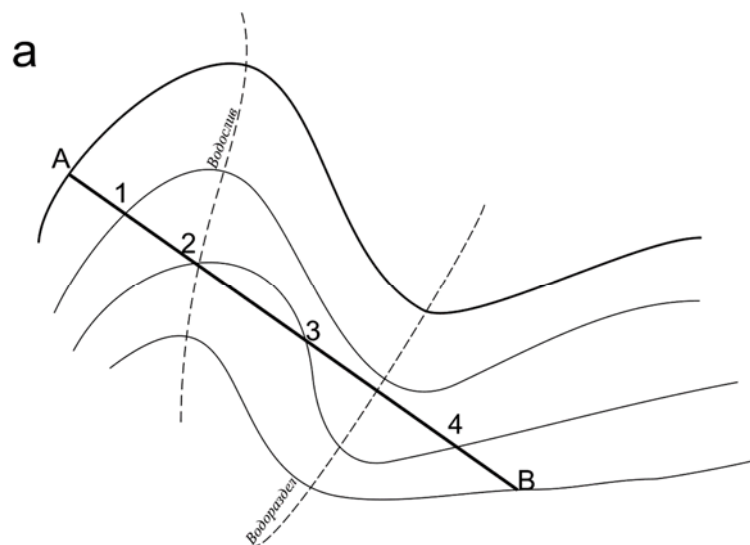


Рисунок 27. Схема определения крутизны ската по графику заложений

### 3. Построение профиля линии.

На плане указано направление, по которому требуется построить **продольный профиль**. Для этого на миллиметровой бумаге по горизонтальной линии откладывают в масштабе плана выпрямленную линию и на нее наносят отрезки, измеренные на плане между точками пересечения заданной линии с горизонталями, водоразделами, тальвегами.

Против каждой точки, отмеченной на линии прочерчивают вертикали. На этих вертикалях в масштабе в 10 раз крупнее, чем горизонтальный, откладывают отметки точек. Соединив концы вертикалей прямыми, получают профиль по указанному направлению. Чтобы не иметь длинных вертикалей, отметка линии условного горизонта принимают такой, чтобы линия профиля была выше линии условного горизонта на 8-10 см и отметки всех точек при отложении их на вертикалях уменьшают на эту величину.



Профиль линии АВ

б

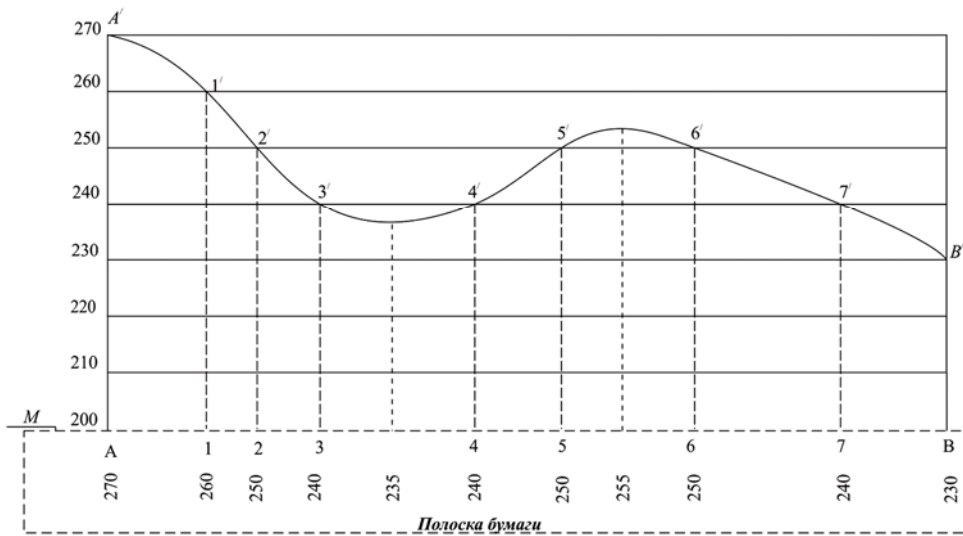


Рисунок 28. Построение профиля местности по заданному направлению



Рисунок 29. Пример оформления профиля

4. Определение географических и прямоугольных координат точек.

Каждый лист топографической карты с севера и юга ограничен параллелями, а с запада и востока – меридианами. Чтобы по карте можно было определить **географические координаты** изображенных на ней предметов и контуров местности, имеется градусная рамка, расположенная между внутренней и внешней рамками листа карты. Минуты широты по восточной и западной сторонам градусной рамки и минуты долготы по

северной и южной сторонам, отмечены чередующимися черными и белыми пашками. Каждая такая минута (шашка) широты и долготы разделена на шесть равных частей, отмеченных точками, расстояние между которыми равно 10".

Каждый угол внутренней рамки имеет подпись долготы и широты листа карты. Так, для определения широты какой – либо точки надо к этой точке приложить линейку параллельно южной, а значит, и северной рамке листа карты. Теперь остается отсчитать число минут и секунд (секунды берутся на глаз) по градусной рамке от южного угла до места пересечения ее линейкой и прибавить этот отсчет минут и секунд к значению широты угла листа карты. Например, южная граничащая лист карты имеет широту  $50^{\circ}25'$ , наш отсчет по градусной рамке до контура точки М равен  $3'43''$ . Таким образом, широта точки М равна  $50^{\circ}28'43''$ .

Западный меридиан, ограничивающий лист карты, имеет долготу  $31^{\circ}30'$ , наш отсчет по градусной рамке составляет  $2'46''$ . Долгота точки М будет равна  $31^{\circ}32'46''$ .

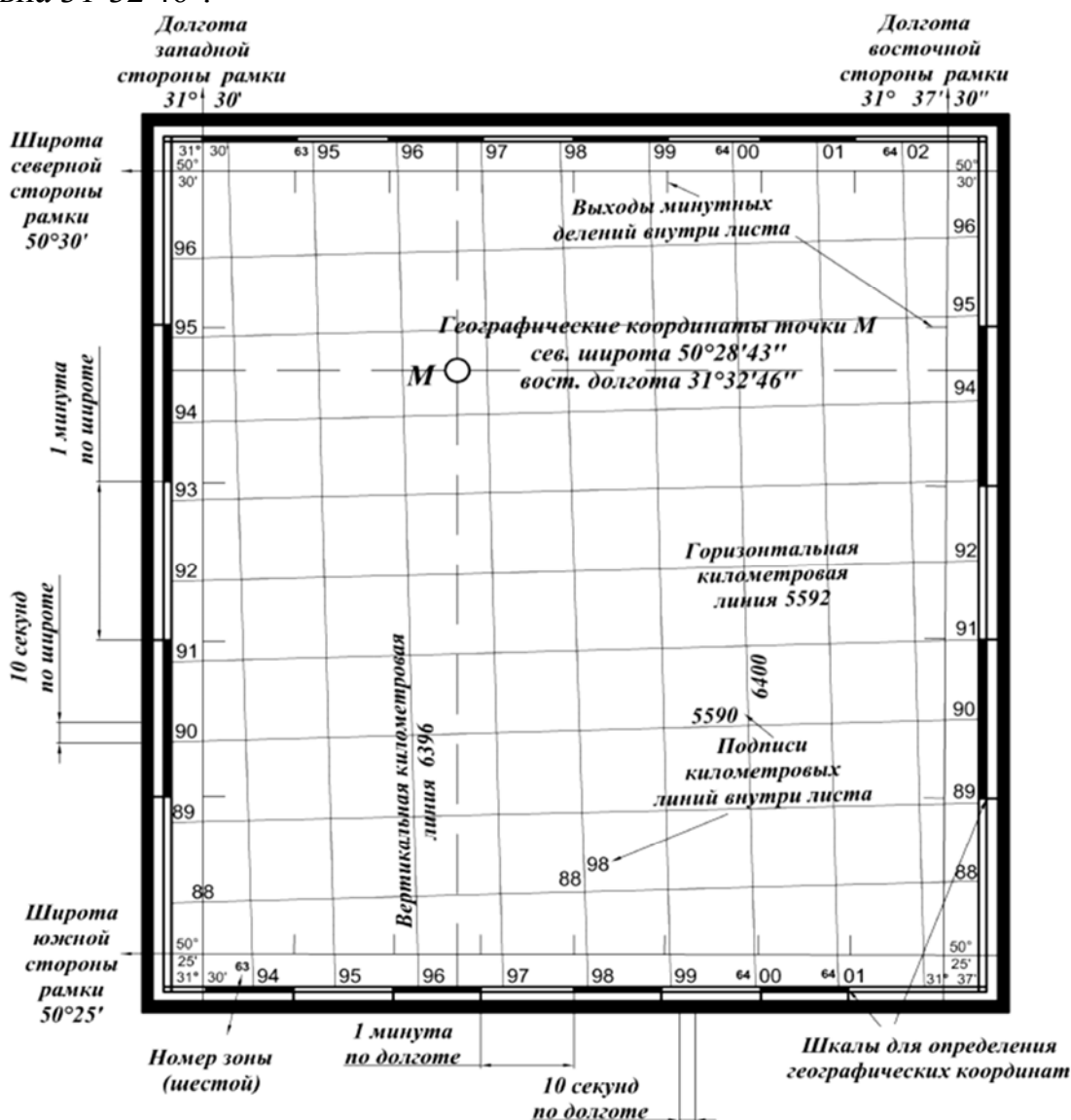


Рисунок 30. Географическая и километровая сетка

Для определения **прямоугольных координат** на листы топографических карт наносят координатную сетку, которая представляет собой систему прямых линий, параллельных координатным осям данной зоны. Прямые линии координатной сетки отстоят одна от другой на целые километры, поэтому сетку квадратов называют километровой сеткой.

Оцифровка линий километровой сетки дается между внутренней и градусной рамками, абсцисс – вдоль западной и восточной сторон, ординат – вдоль северной и южной. При этом полные абсциссы и ординаты подписывают только по углам листа; остальные линии километровой сетки подписывают двумя последними цифрами числа.

Для определения прямоугольных координат любой точки карты, пользуясь измерителем и поперечным масштабом, измеряют расстояния от нее до южной и западной сторон квадрата километровой сетки, в котором находится данная точка. Измеренные расстояния нужно прибавить к значениям километров, подписанных на выходах сетки.

Например, от южной стороны квадрата расстояние до точки М равняется 560 м (в масштабе карты). Получаем абсциссу пункта  $x = 5\,594\,000\text{ м} + 560\text{ м} = 5\,594\,000\text{ м}$ . Затем записываем ординату левой стороны квадрата - 6396 – и к этому значению прибавляем расстояние от нее до пункта, равное - 780 м. Получаем ординату пункта М  $y = 6\,396\,000\text{ м} + 780\text{ м} = 6\,396\,780\text{ м}$ .

5. Определение площади участка местности может выполняться

следующими способами:

*Аналитический способ.*

Площадь замкнутого полигона с прямолинейными сторонами определяется аналитическим способом, если известны координаты его вершин (рис. 31).

Удвоенная площадь многоугольника равна сумме произведений каждой абсциссы на разность ординат последующей и предыдущей вершин.

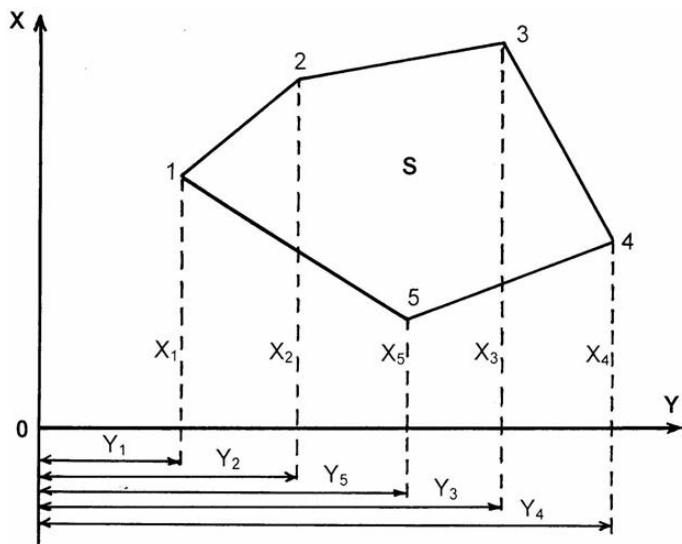


Рисунок 31. Аналитический метод

Площадь полигона

вычисляют по формуле:

$$2S = \sum x_n(y_{n+1} - y_{n-1}),$$

где  $n$  - номер вершины полигона.

Для контроля площадь вычисляют по другой формуле, выводимой аналогично:

$$2S = \sum y_n(x_{n-1} - x_{n+1}).$$

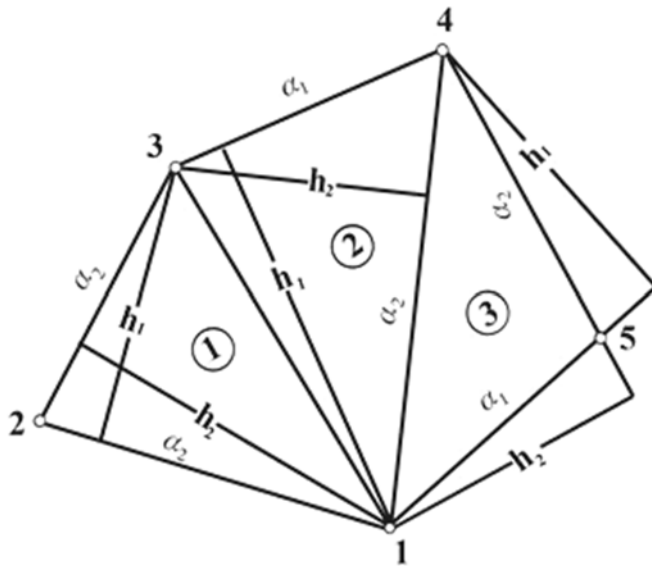


Рисунок 32. Способ графический

*Графический способ.* Для определения площади участка по топокартам местность разбивают на простейшие геометрические фигуры. Если контуры участка криволинейные, то площадь нужно разделить на простейшие геометрические фигуры с таким расчетом, чтобы стороны их, совпадающие с контуром участка, практически можно было бы принять прямолинейными.

Затем измеряют на плане соответствующие элементы этих фигур. Например, в треугольнике измеряют основание  $a$  и высоту  $h$  или две стороны  $a$  и  $b$  и угол  $\beta$  между ними, в трапециях - основание  $a$  и  $b$  и высоту  $h$ , применяя соответственно формулы:

$$S = 0,5 ah, S = 0,5 ab \sin \beta, S = 0,5 (a+b)h,$$

и т.п., вычисляют площади этих фигур.

Для контроля и уточнения результатов площади фигур вычисляют по другим высотам и основаниям.

Площадь всего участка получают как сумму средних площадей отдельных фигур.

*Определение площади с помощью палетки.* Палетка - это сетка мелких квадратов со стороной 2 – 4мм или группа тонких параллельных линий, проведенных через 2 – 4мм. Их изготавливают на прозрачном материале - восковке, стекле, целлулоидных пластинах. На палетках с квадратами для быстроты подсчета выделяют сантиметровые квадраты (рис. 33). Палетками определяют площади в основном небольших участков с криволинейными границами.

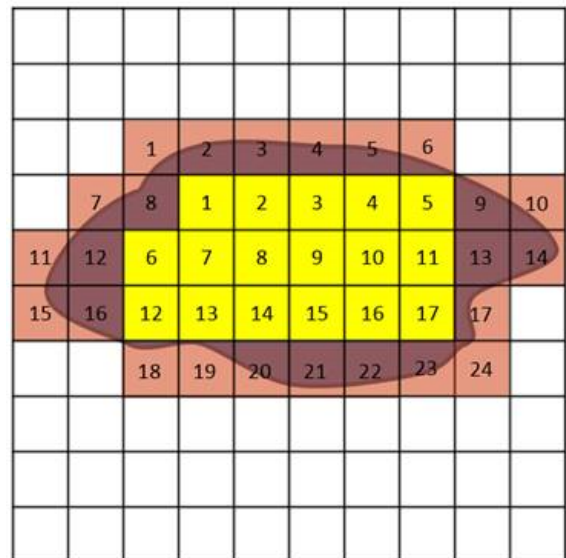


Рисунок 33. Способ определения палетками

Палетку выкладывают на контур и подсчитывают число занятых контуром квадратов. Из неполных квадратов на глаз составляют целые. Затем подсчитанное число квадратов с учетом масштаба плана переводят в квадратные метры или гектары на местности.

Точность определения площади палетками в 2-3 раза ниже, чем при графическом способе [3;5;6].

### Практическое задание 3. Определение прямоугольных и географических координат точек по карте.

Пункт 3.1. Определение координат X и Y точки по карте.

**Порядок выполнения задания:**

1. Записать координату X (в км) юго – западного угла квадрата, в котором располагается точка.

2. С помощью циркуля – измерителя и поперечного масштаба измеряем расстояние  $\Delta X$  в метрах от точки до основания квадрата (длину перпендикуляра) и приписать его к записанной координате.

3. Записать координату Y (в км) юго-западного угла квадрата, в котором располагается точка.

4. С помощью циркуля – измерителя и поперечного масштаба измеряем расстояние  $\Delta Y$  в метрах от точки до основания квадрата (длину перпендикуляра) и приписать его к записанной координате.

Примечание. Если длина отрезков  $\Delta X$  или  $\Delta Y$  на карте меньше 4мм, то удобнее измерять их дополнение до 1000м от противоположной стороны квадрата и вычитать их.

Пример. Определить координаты X и Y точки 3.

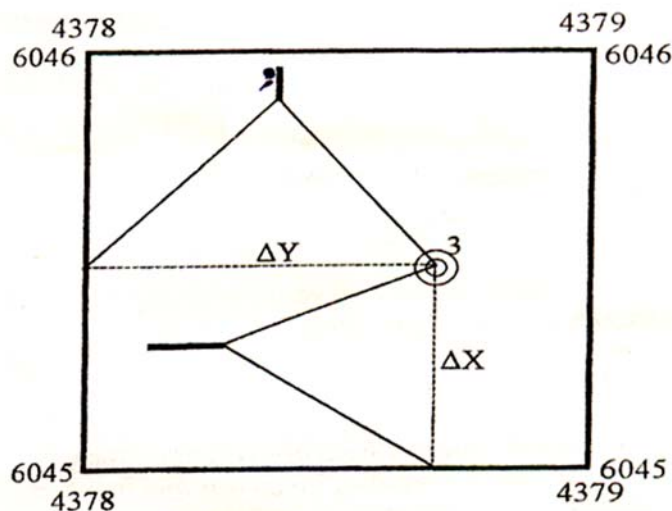


Рисунок 34

Решение:

$\Delta X = 470\text{м}$ , то  $X_{\text{тчк.3}} = 6045\text{км} + 470\text{м} = 6\ 045470\text{м}$ ;

$\Delta Y = 720\text{м}$ , то  $Y_{\text{тчк.3}} = 4378\text{км} + 720\text{м} = 4\ 378720\text{м}$ .

Пункт 3.2. Определение широты и долготы точки по карте.

**Порядок выполнения задания:**

1. Используя минутные рамки широты, проводим две параллели через 10" так, чтобы точка оказалась между ними.

2. Отсчитывают широту точки с точностью до секунды (секунды определяются на глаз).

3. Используя минутные рамки долготы, проводят два меридиана через 10" так, чтобы точка оказалась между ними.

4. Отсчитываем долготу точки с точностью до секунд (секунды определяются на глаз).

Пример. Определить широту и долготу точки 1 (рис.35).

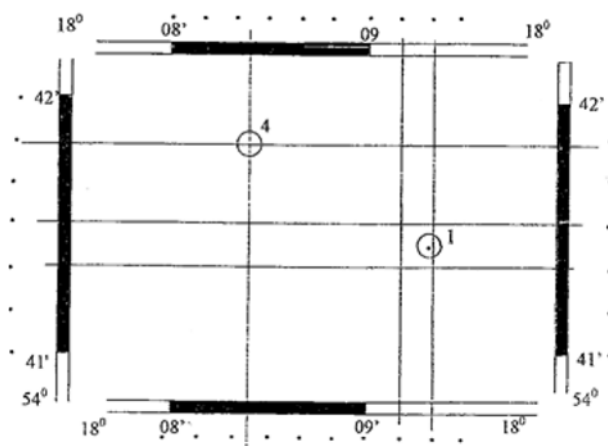


Рисунок 35

Решение:

$$\varphi_{\text{т.к.1}} = 54^{\circ}41'00'' + 0^{\circ}00'24'' = 54^{\circ}41'24'', \lambda_{\text{т.к.1}} = 18^{\circ}08'00'' + 0^{\circ}01'18'' = 18^{\circ}09'18''.$$

Пример заполнения задания 3.2. приведено в таблице 2.

Таблица 2.

№ точки	Прямоугольные координаты		Географические координаты	
	Хм	Ум	широта $\varphi$	долгота $\lambda$
1	6 644 000	7 363 000	59° 53' 09"	36° 33' 11"
2	6 643 200	7 367 600	59 52 49	36 38 08
3	6 639 870	7 366 430	59 51 00	36 37 00
4	6 639 400	7 362 460	59 50 40	36 32 50

## Практическое задание 4. Определение отметки точек.

Пункт 4.1. Определение отметки точки по карте.

**Порядок выполнения задания:**

Если точка лежит на горизонтали, то ее отметка равна отметки горизонтали. Для определения отметки горизонтали нужно:

1. Находим горизонталь с подписанной отметкой (коричневым цветом) и, выяснив направление ската (вверх или вниз), определяем отметки всех горизонталей от подписанной до искомой, каждый раз прибавляя (если направление ската вверх) или вычитая (если направление ската вниз) высоту сечения рельефа;

2. Находим вблизи искомой горизонтали точку с подписанной отметкой (черным цветом) и определяем отметку соседней с этой точкой горизонтали, помня правило: отметки сплошных горизонталей кратны высоте сечения рельефа. Например, подписанная отметка точки равна 141,3 м; высота сечения рельефа 2,5 м; отметка соседней с точкой горизонтали вниз по скату будет равна 140 м, а вверх по скату – 142,5 м.

Если искомая точка находится между горизонталями, то сначала нужно определить отметки этих горизонталей, как написано выше, а затем на глаз определить отметку точки до целых метров; отметка точки должна лежать в интервале между отметками двух горизонталей.

Пункт 4.2. Вычисление превышений между точками.

Превышения между точками с известными отметками  $H_1$  и  $H_2$  вычисляют по формуле:

$$h = H_2 - H_1, \text{ и записывается со знаком (+ или -).}$$

Пример:  $H_1 = 121$  м и  $H_2 = 114$  м, то превышение между данными точками будет

$$h = 114 \text{ м} - 121 \text{ м} = - 7 \text{ м.}$$

Пункт 4.3. Определение наибольшего угла наклона ската по линии.

**Порядок выполнения задания:**

1. Находим на линии место, где расстояние между соседними сплошными горизонталями наименьшее и фиксируем это расстояние циркулем - измерителем (если расстояние меньше 2 мм, то оно фиксируется на глаз);

2. Прикладываем циркуль к графику заложений, как показано на рисунке 36, и считаем с горизонтальной оси графика угол наклона ската в градусах с точностью до десятых долей градуса.



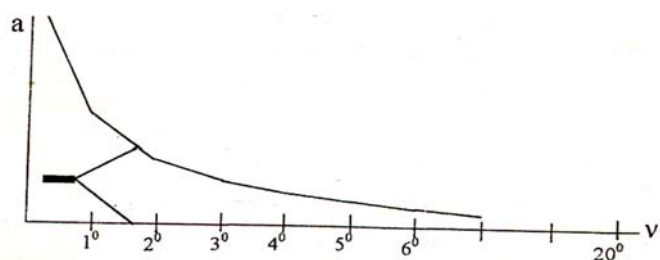


Рисунок 36. Пример выполнения пункта 4.3 ( $v = 1,6^\circ$ )

Пункт 4.4. Определение уклона линии, соединяющей две точки с известными отметками.

**Порядок выполнения задания:**

1. В пределах четырехугольника 1-2-3-4 находим две точки: с наименьшей и с наибольшей отметками;
2. Указываем квадрат координатной сетки, где расположены та и другая точки;
3. Соединяем эти точки прямой линией и вычисляем уклон этой линии в промилях по формуле:

$$i = (H_{\max} - H_{\min}) : S \times 1000\text{‰},$$

где  $H_{\max}$  – точка с наивысшей отметкой,  $H_{\min}$  – точка с наименьшей отметкой,  $S$  – расстояние между  $H_{\max}$  и  $H_{\min}$ .

Пример:

Берем из таблице 3:  $H_{\max} = 121$  м и  $H_{\min} = 31$  м, а также  $S = 4100$  м. Вычисляем уклон линии:  $i = (121 \text{ м} - 31 \text{ м}) : 4100 \text{ м} \times 1000\text{‰} = 22 \text{ ‰}$ .

Примечание. В этой формуле отметки точек и расстояние  $S$  между ними нужно выразить в метрах.

Пример выполнения задания 4 приведен в таблице 3.

Таблица 3.

Номер точки	Отметка $H$ , м	Превышение $h$ , м	Макс. угол наклона, °
1	121		
2	114	-7	13
3	70	-44	11
4	100	+30	17
1	121	+21	8

$$H_{\max} = 121 \text{ м квадрат } 42 - 67 \text{ S} = 4100 \text{ м}$$

$$H_{\min} = 31 \text{ м квадрат } 43 - 63 \text{ i} = 22 \text{ ‰}$$

### **Практическое задание 5. Построение профиля линии**

*Построить профиль по линиям четырехугольника и определить наличие видимости между ними.*

Профиль линии строят в системе прямоугольных координат: горизонтальная ось – это ось расстояний; масштаб вдоль горизонтальной оси принимают равным масштабу карты; вертикальная ось – это ось отметок точек; масштаб вдоль вертикальной оси принимают в 10 раз крупнее масштаба карты (при слабо выраженном рельефе разрешается принимать масштаб вдоль вертикальной оси в 20 раз крупнее масштаба карты: при сложном горном рельефе – в 5 раз).

#### Пункт 5.1. Построение профиля линий 1-2.

##### **Порядок выполнения задания:**

1. Подготовить лист миллиметровой бумаги размером 20x15 см, провести ось расстояний и ось отметок;
2. На оси расстояний вблизи ее начала отмечаем начальную точку линии 1;
3. На оси отметок размещаем единицы счета отметок и подписываем их так, чтобы интервал отметок на оси полностью перекрывал интервал отметок точек по линии 1-2;
4. Сгибаем лист по оси расстояний;
5. Прикладываем сгиб листа к линии 1-2 на карте и совмещаем точку 1 на карте и сгибе листа;
6. Отмечаем на сгибе все точки пересечения горизонталей с линией 1-2 на карте, а также точки перегиба скатов;
7. Подписываем отметки всех горизонталей и точки 2;
8. Разгибаем лист и строим положение всех точек по их отметкам;
9. Соединяем точки прямыми линиями;
10. Оформляем профиль: подписываем заголовок, значения обоих масштабов.
11. Аналогично выполняем построение профилей сторон 2-3, 3-4, 1-4.

Пример выполнения пункта 5.1. приведен на рисунке 37.

ПРОФИЛЬ ПО ЛИНИИ 1-2

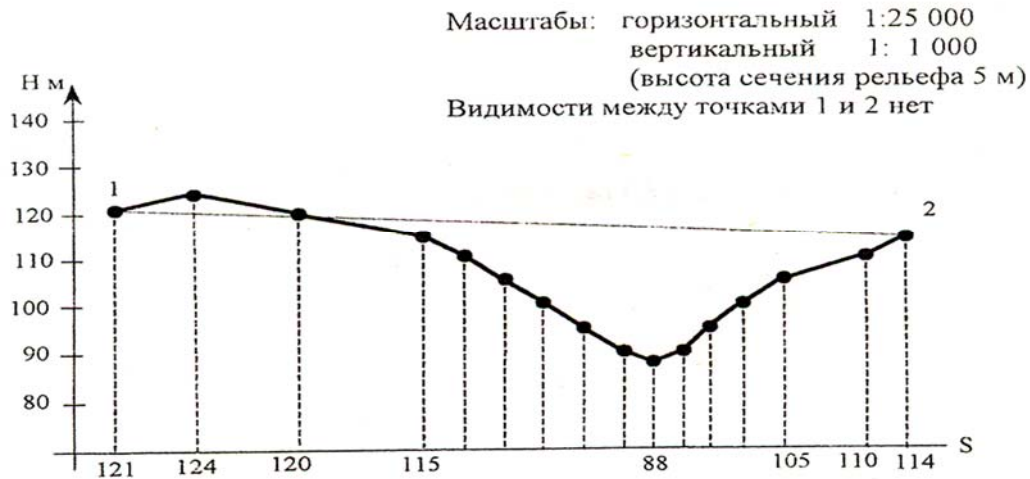


Рисунок 37

**Практическое задание 6. Вычисление площади многоугольника**

Пункт 6.1. Вычислить площадь шестигранного замкнутого полигона графическим методом. Масштаб карты 1: 1000.

**Порядок выполнения задания:**

1. Замкнутый полигон делим на четыре треугольника. На карта измеряем высоту  $h$  и основание  $d$  каждого треугольника.

На примере:

$$h_1 = 37\text{мм}; h_4=57\text{ мм}; h_3=30\text{ мм}; h_6= 28\text{ мм}.$$

$$d_{2-5} = 73\text{ мм}; d_{2-5} = 73\text{ мм}; d_{2-4} = 80\text{ мм}; d_{1-5} = 60\text{ мм}.$$

2. Вычислить расстояния на местности в масштабе 1: 1000 .

Тогда:

$$h_1 = 37\text{м}; h_4=57\text{ м}; h_3=30\text{ м}; h_6= 28\text{ м}.$$

$$d_{2-5} = 73\text{ м}; d_{2-5} = 73\text{ м}; d_{2-4} = 80\text{ м}; d_{1-5} = 60\text{ м}.$$

3. Площадь каждого треугольника определяется по формуле:

$$S = dh/2.$$

$$S_1 = 73 \cdot 37 / 2 = 1350.5\text{ м}^2; S_2 = 73 \cdot 57 / 2 = 2080.5\text{ м}^2; S_3 = 80 \cdot 30 / 2 = 1200\text{ м}^2; S_4 = 60 \cdot 28 / 2 = 840\text{ м}^2.$$

4. Площадь всего полигона получают как сумму средних площадей отдельных фигур:

$$S_{\text{пол}} = \sum S_{\Delta};$$

$$S_{\text{пол}} = \sum 1350.5 + 20870,5 + 1200 + 840 = 5471\text{ м}^2 = 0,547\text{ га}.$$

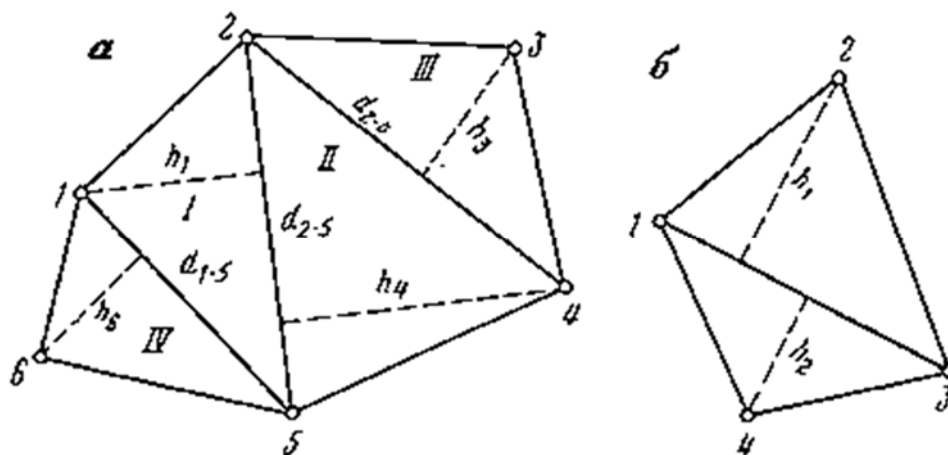


Рисунок 38. Определение площади полигона

Пункт 6.2. Вычисление площади многоугольника аналитическим методом.

Вычислить площадь четырехугольника 1-2-3-4 по прямоугольным координатам X и Y его вершин (точек 1,2,3,4). Приняв ошибку положения вершин  $mt = 15$  м, вычислить ошибку площади по формуле:

$$m_p = 0,25 \cdot mt \cdot Per,$$

где Per – периметр (сумма сторон) четырехугольника.

Площадь четырехугольника вычисляют по формуле:

$$P = 0.5 [(Y_2 - Y_4) \cdot (X_1 - X_3) + (Y_3 - Y_1) \cdot (X_2 - X_4)].$$

Пример выполнения задания 6.1 приведен в таблице 4.

Таблица 4.

Порядок вычислений	Обозначения	Результаты вычислений
1	$Y_2 - Y_4$	+5 140 м
2	$X_1 - X_3$	+4 130 м
3	$Y_3 - Y_1$	+3 430 м
4	$X_2 - X_4$	+3 800 м
5	(1)x(2)	21 228 200 м <sup>2</sup>
6	(3)x(4)	13 034 000 м <sup>2</sup>
7	$2P=(5)+(6)$	34 262 200 м <sup>2</sup>
8	P	17 131 100 м <sup>2</sup>
9	$m_p$	84 050 м <sup>2</sup>

Площадь P = 1713 га

Ошибка площади  $m_p = 8.4$  га

Примечание. Если площадь получается отрицательной, то знак «минус» во внимание не принимается.

### Тема 1.1.7. Ориентирование линий. Прямая и обратная геодезические задачи

*Ориентировать линию* – значит определить ее направление (угол) относительно исходного направления. За исходные в геодезии принимаются направления:

- *истинного (географического) меридиана* – линия на поверхности земного эллипсоида, проходящая через данную точку и географические полюса Земли.
- *магнитного меридиана* – направление оси магнитной стрелки компаса, расположенного в данной точке;
- *осевого меридиана* – средний истинный меридиан зоны.

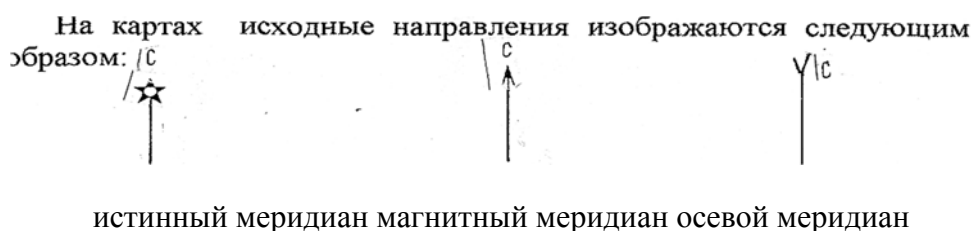


Рисунок 39. Исходные направления

Положение линий относительно исходных направлений определяются ориентирующими углами – *азимутами, дирекционными углами и румбами.*

*Истинным азимутом (А)* называется горизонтальный угол, отсчитываемый по ходу часовой стрелки от северного направления истинного меридиана в данной точке до данного направления. Истинный азимут изменяется от 0° до 360°.

Обратный азимут линии вычисляется по формуле:

$$A' = A + \gamma \pm 180^\circ$$

Если линия, для которой определяют обратный азимут короткая, то его вычисляют по формуле:

$$A' = A \pm 180^\circ$$

**Задача.** Истинный азимут линии 1-2 (линия короткая) равен 263°55', определить обратный азимут линии (2-1).

**Решение.**

$$A_{1-2} = 263^\circ 55', \quad A_{2-1} = A_{1-2} - 180^\circ = 263^\circ 55' - 180^\circ = 83^\circ 55'$$

$A_{2-1} - ?$

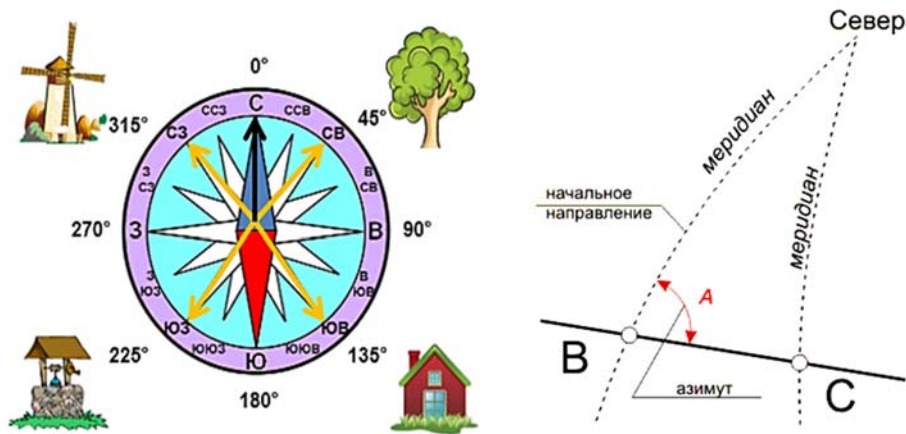


Рисунок 40. Определение азимута

*Магнитным азимутом* ( $A_m$ ) называется, горизонтальный угол, отсчитываемый по ходу часовой стрелки от северного конца магнитного меридиана (оси магнитной стрелки компаса) в данной точке до данного направления. Магнитный азимут также изменяется от  $0^\circ$  до  $360^\circ$ .

Следовательно, он отличается от истинного азимута только исходным направлением.

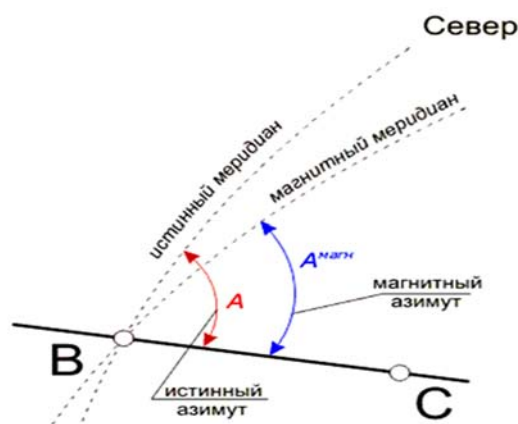


Рисунок 41. Магнитный азимут

*Дирекционный угол* ( $\alpha$ ) - это горизонтальный угол, отсчитываемый на плоскости от северного направления осевого меридиана или линии параллельной ему (от положительного направления оси X) по ходу часовой стрелки до данного направления. Дирекционный угол изменяется от  $0^\circ$  до  $360^\circ$ .

В отличие от азимутов, дирекционные углы прямой линии постоянны на всем ее протяжении, что дает применение этих углов весьма удобным. Введение понятия дирекционного угла позволяет связать ориентирующие углы на поверхности Земли с ориентирующими углами на плоскости в проекции Гаусса – Крюгера.

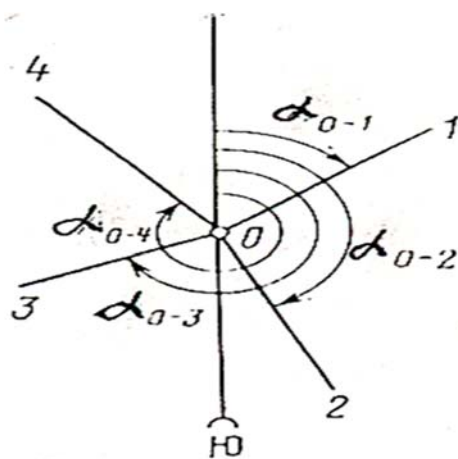


Рисунок 42. Дирекционный угол

Румб ( $r$ ) – это острый угол, отсчитываемый от ближайшего конца(северного или южного) исходного направления по ходу или против хода часовой стрелки до данного направления.

Так, как румбы изменяются от  $0^\circ$  до  $90^\circ$  и в каждой четверти могут быть одинаковые по величине, то для однозначного определения направления, необходимо перед числовым значением румба указывать четверть относительно сторон света. В первой четверти ставят СВ, во второй ЮВ, в третьей ЮЗ, в четвертой СЗ. Например: СВ:  $30^\circ 15'$ .

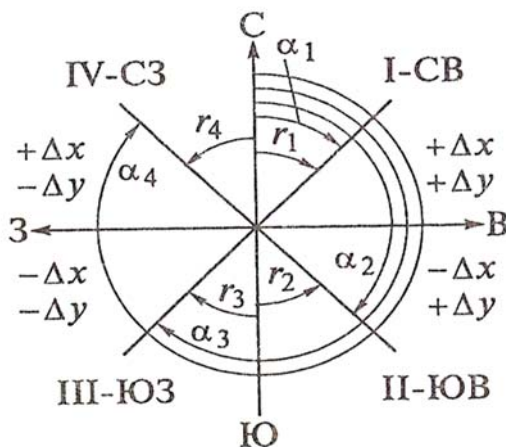


Рисунок 43. Связь дирекционного угла с румбом

В зависимости от исходного направления румбы могут быть *истинными, магнитными, дирекционными*. Числовые значения румбов называют *табличными углами*.

Магнитный меридиан, как правило не совпадает с направлением истинного меридиана в данной точке, а образует с ним некоторый угол, называемый *склонением магнитной стрелки*. Если северный конец магнитной стрелки отклоняется, на запад от северного конца истинного меридиана, то склонение магнитной стрелки называют западным, и записывают его со знаком минус  $\delta_z$ . Если же стрелка отклоняется на восток,

то склонение называют восточным и придают ему знак плюс  $\delta$ . Формула связи истинного и магнитного азимутов будет иметь вид:

$$A = A_M + \delta.$$

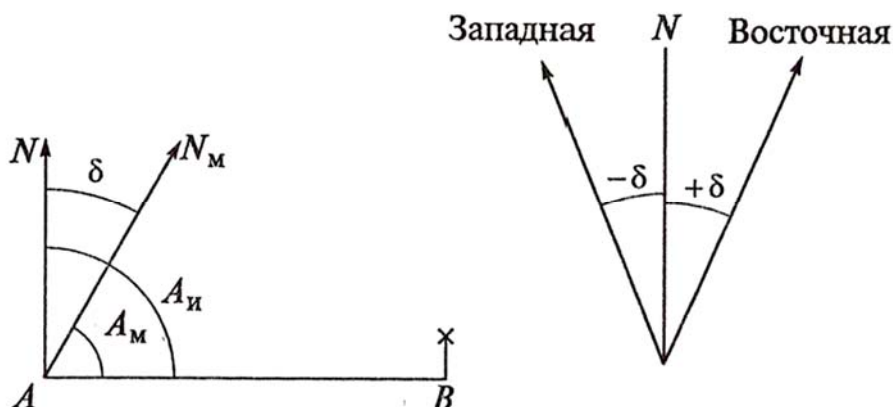


Рисунок 44. Связь истинного азимута с магнитным

**Задача.** Магнитный азимут линии 1-2 равен  $134^{\circ}16'$ , а склонение магнитной стрелки в точке 1 равно  $-1^{\circ}48'$ . Определите истинный азимут линии 1-2.

**Решение.**

$$A_M = 134^{\circ}16' \quad A = A_M + \delta \square 134^{\circ}16' + (-1^{\circ}48') = 132^{\circ}28'$$

$$\delta_z = -1^{\circ}48'$$

A-?

Если в одной точке провести направление истинного меридиана и линию параллельную осевому меридиану, то они образуют между собой угол - *сближение меридианов*. Если же сближение меридианов в точках, расположенных на восток от осевого меридиана, придавать знак плюс, а сближениям меридианов в точках, расположенных на запад, – знак минус.

Формула связи дирекционного угла и истинного азимута будет иметь вид:

$$\alpha = A - \gamma.$$

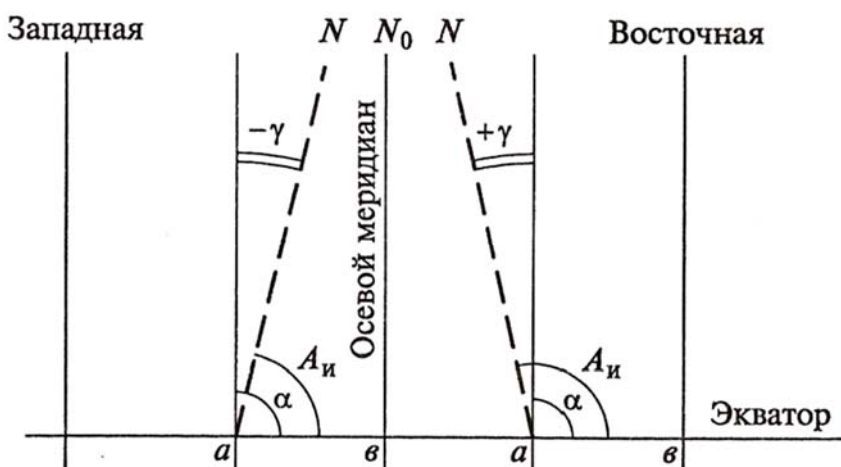


Рисунок 45. Связь дирекционного угла с истинным азимутом



**Задача.** Истинный азимут линии 1-2 равен  $56^{\circ}04'$ , сближение меридианов в точке 1 восточное  $2^{\circ}31'$ . Определить дирекционный угол линии 1-2.

**Решение.**

$$A = 56^{\circ}04' \quad \alpha = A - \gamma = 56^{\circ}04' - (+2^{\circ}31') = 53^{\circ}33'$$

$$\underline{\gamma_{в} = +2^{\circ}31'}$$

$\alpha - ?$

Подставляя в формулу связи дирекционного угла с истинным азимутом значение истинного азимута определенного через магнитный азимут, получим:

$$\alpha = A_{м} + \delta - \gamma = A_{м} + \Pi,$$

где, величина  $\Pi = \delta + \gamma$  называется совместной поправкой за склонение магнитной стрелки и сближение меридианов.

**Задача.** Магнитный азимут линии 1-2 равен  $298^{\circ}46'$ , сближение меридианов в точке 1 западное  $0^{\circ}54'$ , склонение магнитной стрелки восточное  $2^{\circ}33'$ . Определить дирекционный угол линии 1-2.

**Решение.**

$$A_{м} = 298^{\circ}46' \quad \alpha = A_{м} + \delta - \gamma = 298^{\circ}46' + 2^{\circ}33' - (-0^{\circ}54') = 300^{\circ}25'$$

$$\gamma_{з} = -0^{\circ}54'$$

$$\underline{\delta_{в} = +2^{\circ}33'}$$

$\alpha - ?$

Между румбами и дирекционными углами линий, расположенными в разных четвертях, существует зависимость, которая выражается следующими формулами:

I четверть СВ  $\alpha_1 = r_1$  или  $r_1 = \alpha_1$

II четверть ЮВ  $\alpha_2 = 180^{\circ} - r_2$  или  $r_2 = 180^{\circ} - \alpha_2$

III четверть ЮЗ  $\alpha_3 = 180^{\circ} + r_3$  или  $r_3 = \alpha_3 - 180^{\circ}$

IV четверть СЗ  $\alpha_4 = 360^{\circ} - r_4$  или  $r_4 = 360^{\circ} - \alpha_4$

Таблица 5

Приращения координат	Дирекционный угол			
	0 - 90° (I четверть)	90 - 180°(II четверть)	180 - 270°(III четверть)	270- 360° (IV четверть)
$\Delta x$	+	-	-	+
$\Delta y$	+	+	-	-

**Задача.** Истинный азимут линии 1-2 равен  $99^{\circ}08'$ , определить румб этой линии.

**Решение:**

По величине азимута определяем четверть, в которой находится линия 1-2, в данном случае это II - четверть.

Используя формулу:

$$r_2 = 180^{\circ} - A_2,$$

вычисляем  $r_{1-2} = 180^\circ - 99^\circ 08' = 80^\circ 52'$

**Ответ:  $r_{1-2}$  ЮВ:  $80^\circ 52'$ .**

При вычислительной обработке результатов измерений на местности, связанной с составлением плана, при проектировании участков и объектов, перед перенесением проектов в натуру возникает необходимость решать **прямую и обратную геодезические задачи**.

Суть *прямой геодезической задачи* состоит в том, что по координатам одного конца А ( $X_A$  и  $Y_A$ ) линии АВ, по дирекционному углу этой линии  $\alpha_{AB}$  и ее горизонтальному проложению  $d_{AB}$  вычисляют координаты другого конца В ( $X_B$  и  $Y_B$ ) этой линии (рис. 46).

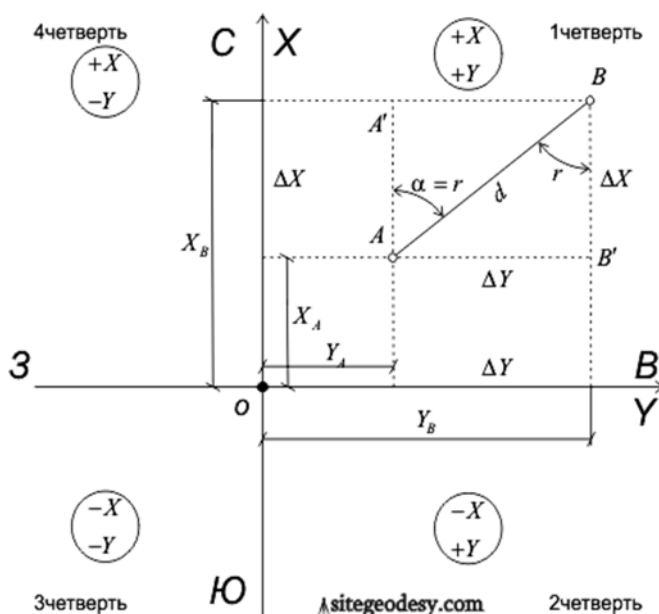


Рисунок 46

Дано: т.1 ( $X_1$  и  $Y_1$ ),  $d_{1-2}$ ,  $\alpha_{1-2}$  линии 1-2.

Определить: т.2 ( $X_2$  и  $Y_2$ )

Решение:

$$\Delta X = X_2 - X_1, \Delta Y = Y_2 - Y_1,$$

где  $\Delta X$  и  $\Delta Y$  – приращения координат этой линии.

$$\Delta X = d \times \cos \alpha_{1-2}, \Delta Y = d \times \sin \alpha_{1-2}$$

$$X_2 = X_1 + \Delta X, Y_2 = Y_1 + \Delta Y,$$

это равенства читают так: *координата конечной точки линии равна координате начальной точки плюс приращение между ними.*

Суть *обратной геодезической задачи* состоит в том, что по координатам концов линии АВ вычисляют дирекционный угол и горизонтальное проложение этой линии. То есть известно:  $X_A$  и  $Y_A$ ,  $X_B$  и  $Y_B$ , надо вычислить  $\alpha_{AB}$  и  $d_{AB}$ .

Дано: т.1 ( $X_1$  и  $Y_1$ ), т.2 ( $X_2$  и  $Y_2$ )

Определить:  $\alpha_{1-2}, d_{1-2}$ .

Решение:

$$\begin{aligned}\Delta X &= X_2 - X_1, \Delta Y = Y_2 - Y_1. \\ \operatorname{tg} \alpha_{1-2} &= \Delta Y : \Delta X = (Y_2 - Y_1) : (X_2 - X_1) \rightarrow \operatorname{arctg} \rightarrow r_{1-2} \rightarrow \alpha_{1-2} \\ d_{1-2} &= \Delta Y : \sin \alpha_{1-2}, \\ d_{1-2} &= \Delta X : \cos \alpha_{1-2}. \\ d_{1-2} &= \pm \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}\end{aligned}$$

Совпадение результатов, вычисляемых по этим формулам, контролирует вычисление  $\alpha_{AB}$  и  $d_{AB}$ , но не контролирует вычисление приращений координат, поэтому их надо вычислять с особым вниманием [1;5;7].

### **Практическое задание 7. Измерение ориентирных углов**

*Измерить дирекционные углы и истинные азимуты всех сторон четырехугольника, вычислить остальные ориентирные углы каждой стороны. Вычислить Гауссово сближение меридианов в точках 1, 2, 3, 4.*

Ориентирными углами линии являются дирекционный угол, истинный (географический) азимут, магнитный азимут и три румба: дирекционный, истинный и магнитный.

Первые два ориентирных угла (дирекционный угол и истинный азимут) можно измерить на карте, остальные четыре угла линии вычисляются.

Пункт 7.1. Измерение дирекционного угла линии.

**Порядок выполнения задания:**

1. Укладываем на карту круговой транспортир так, чтобы центр транспортира находился в точке пересечения искомой линии с любой вертикальной линией координатной сетки;

2. Ориентируем шкалу транспортира по этой вертикальной линии ( $0^\circ$  - на север,  $180^\circ$  - на юг);

3. Берем отсчет по шкале транспортира в месте пересечения шкалы искомой линией.

Примечание. Если искомая линия не пересекает вертикальных линий сетки, то центр транспортира совмещают с точкой пересечения искомой линии с любой горизонтальной линией сетки и ориентируют шкалу транспортира по этой горизонтальной линии ( $90^\circ$  - на восток,  $270^\circ$  - на запад).

Пример выполнения пункта 7.1. показан на рис.47

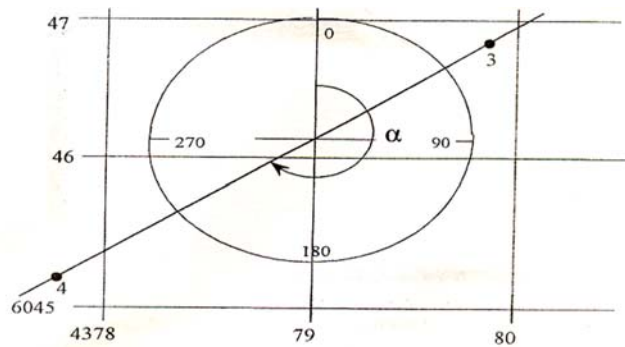


Рисунок 47

Пункт 7.2. Измерение истинного азимута.

**Порядок выполнения задания:**

1. Укладываем на карту круговой транспортир так, чтобы центр транспортира находился в точке пересечения искомой линии с любым истинным меридианом;
2. Ориентируем шкалу по этому меридиану ( $0^\circ$  - на север,  $180^\circ$  - на юг);
3. Берем отсчет по шкале транспортира в месте пересечения шкалы искомой линией.

Примечание. Если искомая линия не пересекает меридианы, то центр транспортира помещается в точку пересечения искомой линии с любой параллелью и шкала транспортира ориентируется по этой параллели ( $90^\circ$  - на восток,  $270^\circ$  - на запад).

Пример выполнения задания показан на рис. 48

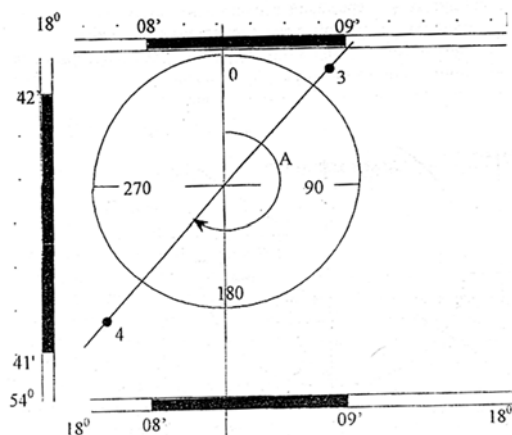


Рисунок 48

Пункт 7.3. Вычисление магнитного азимута.

**Порядок выполнения задания:**

1. Магнитный азимут линии вычисляется по формуле:

$$A_m = A - \delta,$$

где  $A$  – истинный азимут линии,  $\delta$  – склонение магнитной стрелки на год выполнения работ.

2. Склонение магнитной стрелки  $\delta'$  на год издания карты  $t'$  и годовое изменение склонения  $\Delta$  приводится в тексте внизу листа карты слева от схемы взаимного расположения меридианов. Склонение магнитной стрелки на год выполнения работ  $t$  вычисляется по формуле:

$$\delta = \delta' + (t - t')$$

**Пример:** Склонение на 1971 год восточное  $10^{\circ}40'$ , годовое изменение западное  $0^{\circ}03'$ ; работа выполняется в 2001 году

$$\delta_{2001} = + 10^{\circ}40' + (-0^{\circ}03')(2001 - 1971) = + 9^{\circ}10'.$$

#### Пункт 7.4. Вычисление румбов линии.

Дирекционный румб  $r_{\alpha}$  вычисляется по формулам, приведенным в таблице 6.

*Примечание. Номер четверти в любой системе ориентирования определяется по значению азимута. Полное написание румба включает его числовое значение и название четверти.*

Таблица 6

№ четверти	$r_{\alpha}$	$r_A$	$r_{Am}$
I - (СВ) (от $0^{\circ}$ до $90^{\circ}$ )	$\alpha$	$A$	$Am$
II - (ЮВ) (от $90^{\circ}$ до $180^{\circ}$ )	$180^{\circ} - \alpha$	$180^{\circ} - A$	$180^{\circ} - Am$
III - (ЮЗ) (от $180^{\circ}$ до $270^{\circ}$ )	$\alpha - 180^{\circ}$	$A - 180^{\circ}$	$Am - 180^{\circ}$
IV - (СЗ) (от $270^{\circ}$ до $360^{\circ}$ )	$360^{\circ} - \alpha$	$360^{\circ} - A$	$360^{\circ} - Am$

Пример выполнения задания 7 приведен в таблице 7.

Таблица 7

Назв. линии	Длина линии			Дирек. угол $\alpha$	Ист. аз. $A$	Магн. аз. $Am$	Румбы		
	чис.	лин.	попер.				дирек.	ист.	магн.
1-2	4700	4700	4690	$99^{\circ}30'$	$97^{\circ}30'$	$88^{\circ}20'$	ЮВ $80^{\circ}30'$	ЮВ $82^{\circ}30'$	СВ $88^{\circ}20'$
2-3	3550	3550	3540	$199^{\circ}45'$	$197^{\circ}45'$	$188^{\circ}35'$	ЮЗ $19^{\circ}45'$	ЮЗ $17^{\circ}45'$	ЮЗ $8^{\circ}35'$
3-4	3950	3950	3940	$263^{\circ}00'$	$261^{\circ}00'$	$251^{\circ}50'$	ЮЗ $83^{\circ}00'$	ЮЗ $81^{\circ}00'$	ЮЗ $71^{\circ}50'$
4-1	4650	4650	4640	$6^{\circ}00'$	$4^{\circ}00'$	$354^{\circ}50'$	СВ $6^{\circ}00'$	СВ $4^{\circ}00'$	СЗ $5^{\circ}10'$

## Тема 1.1.8. Построение Государственной Геодезической Сети. Погрешности измерений

Создание топографических карт для территории нашей страны невозможно без построения единой сети опорных пунктов, определенных с высокой точностью.

*Опорными пунктами* называют надежно закрепленные на местности точки, положение которых определено с необходимой точностью в единой системе координат. Эти пункты в своей совокупности на местности образуют так называемую *геодезическую опорную сеть*, служащую основой для съемки.

Топографические съемки ведутся в разное время, на различных частях территории страны разными исполнителями. Из разрозненных съемочных планшетов после завершения съемки всей территории должна быть получена



а) б)  
Рисунок 49. Геодезические знаки: а – пирамида, б – грунтовый репер.

единая топографическая карта государства, без разрывов и перекрытий и с установленной точностью.

Этого можно достичь только при наличии достаточно точной геодезической опорной сети.

Существуют плановые геодезические сети, в которых для каждого пункта определяются плоские прямоугольные координаты в системе Гаусса-Крюгера и высотные, пункты которых определяются по высоте относительно нуля Кронштадского футштока.

По своему назначению и точности определения положения пунктов геодезические сети делятся на классы. Пункты высших классов располагаются на больших расстояниях друг от друга и впоследствии сгущаются путем развития между ними сетей низших классов.

Определить плановое положение (координаты) опорных пунктов можно астрономическим и геодезическим методами. При создании опорных сетей геодезический метод является основным, так как значительно точнее

астрономического. Поэтому государственные опорные сети называют *геодезическими сетями*.

Для определения планового положения опорных пунктов геодезическим методом применяют способы *триангуляции*, *трилатерации* и *полигонометрии*.

*Способ триангуляции* основан на построении на земной поверхности сети примыкающих друг к другу треугольников, четырехугольников или центральных систем, в которых измерены все углы, и как минимум, длина одной стороны. Стороны остальных треугольников вычисляют по формулам тригонометрии. Сторона 1 – 2 (рис. 50, а), является исходной для вычисления остальных сторон, называется *базисной*\*.

*Способ трилатерации* сводится к построению на местности смежных треугольников и четырехугольников с измерением в каждом из них всех сторон и диагоналей (рис. 50, б). Углы получают из тригонометрических вычислений, после чего определяют координаты опорных пунктов.

*Способ полигонометрии* сводится к построению на местности ломаных линий с углами близкими к  $180^\circ$ . При проложении полигонометрических сетей измеряют стороны, углы поворотов и примычные углы\* (рис. 50, в). По измеренным углам и сторонам, имея координаты исходной точки и дирекционный угол исходного направления, вычисляют координаты вершин полигонов, которые являются опорными пунктами.

В нашей стране к государственным плановым геодезическим сетям относятся сети триангуляции, трилатерации и полигонометрии 1, 2, 3, и 4 классов.

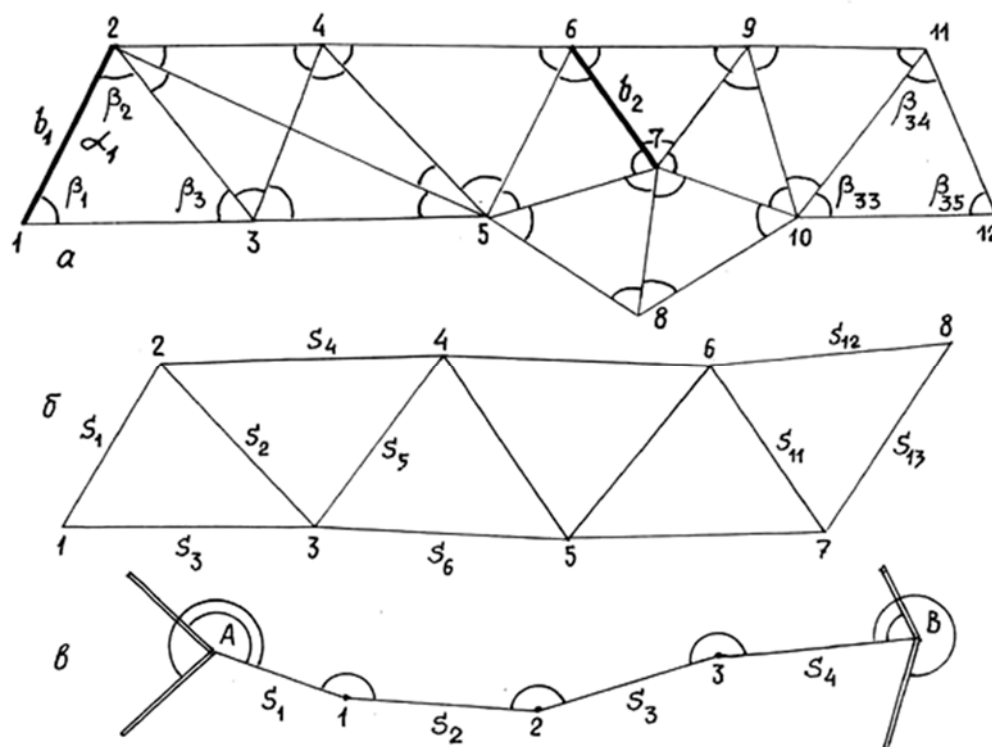


Рисунок 50. Способы построений ГГС

Высотная основа государственных геодезических опорных сетей обеспечивается *нивелирными сетями*. Нивелирные сети I и II классов являются главной основой, на базе которой устанавливается единая система высот для всей территории нашей страны. Нивелирные сети III и IV классов обеспечивают топографические съемки и решение различных геодезических, возникающих при геодезическом и маркшейдерском обслуживании.

Геодезические сети сгущения являются обоснованием для топосъемок масштаба 1:5 000 – 1:500. Различают *плановые и высотные съемочные сети*.

*Плановые съемочные сети* выполняются в виде теодолитных, тахеометрических и мензульных ходов, а также при помощи триангуляции или засечек.

Для сохранения пунктов плановой геодезической сети, а также неизменности положения в пространстве они закрепляются центрами в грунте или в стенах зданий. В скальных породах применяются центры, состоящие из марки, бетонируемый в породе.

Для улучшения видимости между опорными пунктами их обозначают специальными знаками: пирамидами, сигналами и вехами.

*Высотные съемочные сети* выполняются геометрическим, техническим и тригонометрическим нивелированием.

После создания геодезической основы производится съемка подробностей – ситуации и рельефа. Различают несколько видов съемок: *теодолитная, тахеометрическая, мензульная, наземная стереофотосъемка, аэрофотосъемка, глазомерная и буссольная съемки*.\*

Все измерения производимые геодезистами в зависимости от способа получения находимых величин, делят на *непосредственные и косвенные*.

*Непосредственными измерениями* называют такие, при которых искомые величины находят путем непосредственного сравнения их с единицей измерения.

*Косвенными* называют такие измерения, при которых искомые величины получают в результате вычислений, как функции других, ранее измеренных величин.

Если многократные измерения искомой величины выполнены одним и тем же прибором, одинаковыми приемами и при одинаковых условиях окружающей среды, их называют *равноточными*. Во всех других случаях измерения будут *неравноточными*. При повторных равноточных измерениях всегда получают различные величины. Результаты измерений, как бы тщательно они не выполнялись, неизбежно сопровождаются ошибками. На результаты измерения оказывают влияния такие условия, как сам объект и способ измерения, состояние окружающей среды, качество прибора, квалификация специалиста.

Ошибки измерений делятся на *грубые, систематические и случайные*.

*Грубые ошибки* или промахи возникают в результате невыполнения правил измерения, невнимательности в работе. Такие погрешности выявляют и устраняют повторными измерениями.



*Систематические ошибки* повторяются по величине и знаку, подчиняясь определенному закону. Систематические ошибки могут возникнуть из-за неисправности прибора, от изменений температуры окружающей среды, неточности установки прибора и других условий. Причины таких ошибок должны быть выявлены, а сами ошибки исключены введением соответствующих поправок.

*Случайные ошибки* возникают от воздействия самых разнообразных причин, выявление которых учесть и предусмотреть практически невозможно. Случайные ошибки неустранимы, но их значение может быть уменьшено правильным выбором прибора и способа измерения, многократными измерениями. Изучение этих ошибок позволяет разработать методы оценки точности результатов измерений и определить вероятнейшее значение измеряемых величин [4;5;6].

### **Контрольные вопросы по главе 1.1. «Топографические карты и планы» [11;12]:**

1. Перечислите задачи геодезической службы при проведении геологических работ.
2. На основании какого закона выведено понятие основной уровенной поверхности и для чего?
3. Опишите системы плановых координат применяемых для создания карт.
4. Вычислите долготы меридианов ограничивающих 2-ю зону.
5. Постройте график линейного масштаба для численного 1:2500 с основанием 3 см.
6. Напишите по 5 предметов изображаемых условными знаками из каждой указанной группы:
  - а) условные знаки напоминают вид предмета сбоку;
  - б) условные знаки напоминают вид предмета сверху;
  - в) условные знаки предметов, длина которых выражается в масштабе карты, а ширина увеличена.
7. Как построить продольный профиль по заданному направлению на плане с горизонталями?
8. Чему равна отметка точки:
  - а) лежащей на горизонтали;
  - б) лежащей между горизонталями;
  - в) лежащей внутри сомкнутой горизонтали.
9. Чем схожи между собой и в чем отличие углов ориентирования. Дайте их определения.
10. В какой четверти находится линия, если ее румб равен  $S3:10^\circ$ .
11. Начертите три меридиана и направление на точку. Покажите на рисунке истинный и магнитный азимуты, дирекционный угол, сближение меридианов и склонение магнитной стрелки. Пользуясь рисунком, выведите формулы связи:

- а) между истинным и магнитным азимутами;
- б) между истинным азимутом и дирекционным углом;
- в) между магнитным азимутом и дирекционным углом.

12. Покажите рисунком связь румба с дирекционным углом и выведите формулы.

13. Какими методами создаются плановые и высотные ГГС, опишите их.

14. Виды погрешностей и методы их исключения.

### **Контрольная (самостоятельная) работа для проверки полученных знаний №1**

#### Вариант 1

1. Дать определения: науки геодезии, масштаба, ситуации, рельефа, истинного азимута.

2. Зональная система координат.

3. Государственная геодезическая сеть.

4. Определите долготу восточную и широту южную листа карты масштаба 1:1000000, если  $\varphi_c = 64^\circ$ , а  $\lambda_z = 66^\circ$ .

#### Вариант 2

1. Дать определения: основной уровенной поверхности, численного масштаба, заложения, магнитного меридиана, магнитного азимута.

2. Географическая система координат.

3. Контурные условные знаки.

4. Определите численный масштаб, если горизонтальное проложение длины линии местности составляет 56.0 м, а длина этой же линии на плане равна 2.8 см.

#### Вариант 3

1. Дать определения: референц – эллипсоида, линейного масштаба, осевого меридиана, дирекционного угла.

2. Полярная система координат.

3. Линейные условные знаки.

4. Определить длину линии на плане масштаба 1:5 000, если горизонтальное проложение длины этой линии на местности равно 120.0 м.

#### Вариант 4

1. Дать определения: геоида, карты, горизонтали, формулы связи  $A$  и  $A_m$ .

2. Система плоских прямоугольных координат.

3. Отрицательные формы рельефа.

4. Вычислите уклон линии на карте масштаба 1:10000, если высота сечения рельефа 2.5м, а заложение равно 1.2см.

### Вариант 5

1. Дать определения: плана, поперечного масштаба, румба, формулы связи румба с дирекционным углом.
2. Система высот.
3. Внемасштабные условные знаки.
4. Даны дирекционные углы: а)  $24^{\circ}51'$ ; б)  $134^{\circ}32'$ ; в)  $200^{\circ}05'$ ; г)  $341^{\circ}17'$ . Вычислите для них обратный дирекционный угол.

### Вариант 6

1. Дать определения: профиля, основания линейного масштаба, высоты сечения рельефа, истинного меридиана.
2. Виды ошибок при геодезических измерениях.
3. Положительные формы рельефа.
4. Определить масштаб карты по заданной номенклатуре: Р-11, О-48-103-А-в-1, М-34-А, Т-37-144-Г.

## Глава 1.2. Геодезические измерения

### Тема 1.2.1. Линейные измерения

Геодезические работы разделяются на полевые и камеральные. *Полевые* работы состоят из измерений горизонтальных и вертикальных углов, а также горизонтальных, вертикальных и наклонных расстояний. *Камеральные работы* – из вычислений результатов полевых измерений и графических построений.

Расстояния между точками местности можно измерять *непосредственно и косвенно*. В обоих случаях нужно получить горизонтальное проложение (проекцию) линии местности.

К *непосредственным* методам относятся измерения, при которых мерный прибор непосредственно откладывают на измеряемой линии.

Если непосредственному измерению линии мешает препятствие, то в этом приходится прибегать к *косвенным* измерениям. Длину определяемой линии вычисляют по теореме синусов:

$$D = b \cdot (\sin\beta_1 : \sin\beta_2).$$

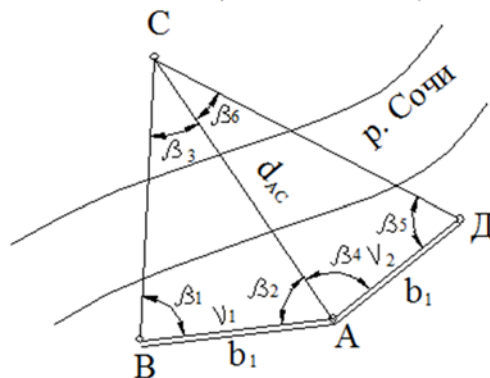


Рисунок 51. Определение неприступного расстояния

При измерении расстояний приборы укладывают в створе линий. Чтобы облегчить эти действия при измерении длинных линий и особенно при измерении линии со сложным профилем, в створе линий устанавливают дополнительные вехи. Совокупность действий, связанных с установкой вех в створе\* линий, называется *вешением линий*.

Вешение производится на глаз или инструментально. Сравнительно короткие линии (от 150 м до 200 м) обычно провешивают на глаз. Для этого на конечных точках линий устанавливают вешки. Наблюдатель становится на одном конце линии в точке А (рис. 52) и направляет рабочего с вехами к другому концу линии (точка В), указав ему приблизительно точки (а, б), в которых следует установить вехи. Рабочий, дойдя к дальней точке, устанавливает веху по указанию наблюдателя, который подает ему руками сигналы о передвижении вехи вправо или влево, пока она не накроет веху, установленную в дальнем конце.

При вешении визируют на основание вех и стараются установить их отвесно. Так постепенно приближаясь к наблюдателю, рабочий устанавливает все вехи.

При длинных расстояниях, а также в тех случаях, когда вешение должно быть особенно точным, прибегают к инструментальному вешению.

Для этого в одной (начальной) точке устанавливают угломерный прибор (теодолит), зрительную трубу которого наводят на основания вехи во второй (конечной) точке, а затем в том же порядке устанавливают промежуточные вехи по кресту сетки нитей трубы.

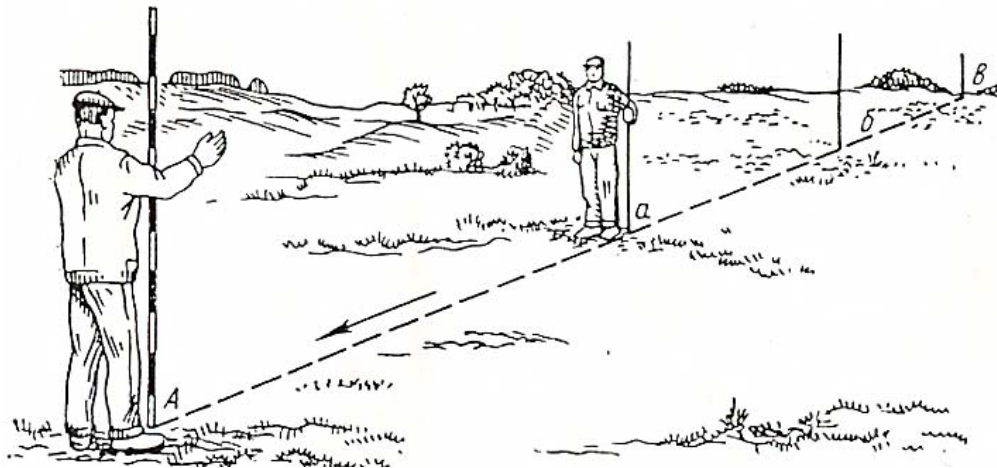


Рисунок 52. Вешение линий

Самыми распространенными приборами для измерения линий в геодезии являются стальные мерные ленты, которые имеют длину 20, 24, 50 и даже 100 метров. Обычно применяют стальные 20 м мерные ленты шириной 15 – 25 мм, толщиной 0,3 – 0,4 мм. Длина лент определяется расстоянием между конечными штрихами, нанесенными против специальных вырезов для шпилек.

*Мерные ленты* разделены на метры, отмеченные латунными бляшками с номером метра от начального штриха. При этом для удобства пользования

с одной стороны ленты номера метров на бляшках вырастают в одну сторону, а с другой в другую. Полуметры отмечены на лентах заклепками, а дециметры отверстиями диаметром 3-4 мм.

При транспортировке и хранении ленты наматывают на специальное кольцо и закрепляют винтом. В комплект ленты входят 11 шпилек, которые одевают на проволочное кольцо.

При измерении длин применяются также стальные и тесьмяные рулетки длиной 10 и 20 м. На рис. 53 показана стальная рулетка длиной 20 м, которая наматывается на специальную вилку с рукояткой и ручкой.



Рисунок 53. Рулетки

*Рулетки* относятся к шкаловым мерным приборам. На полотне рулетки нанесены сантиметровые деления, а на концах в пределах 10 см миллиметровые шкалы.

Тесьмяные рулетки применяются при вспомогательных замерах. Для особо точных работ применяются проволоки длиной 24 м.



Рисунок 54. Мерная лента со шпильками

Перед измерением линий лентой или рулеткой нужно определить их фактическую длину. Для этого мерный прибор сравнивают с другим прибором, длина которого точно известна, *нормальной* или *образцовой мерой*. Нормальные меры служат только для сравнения с ним рабочих мер. Их бережно хранят, чтобы они не изменили своей длины. Процесс сравнения рабочей ленты с нормальной называется *компарированием*. При компарировании на ровную поверхность укладываются рядом нормальная и рабочая меры так, чтобы нулевые штрихи их находились друг против друга. В таком положении концы закрепляют. К другим концам лент прикрепляют динамометры, при помощи которых ленты натягивают с одинаковой силой. Если конечные штрихи лент не совпадают, то расстояние между ними измеряют миллиметровой линейкой. Таким образом, определяется длина рабочей ленты.

Чаще компарирование проводят на специальном приборе – компараторе. Для проверки длин рулеток и других мерных приборов следует иметь полевой стационарный (постоянный) компаратор. Он представляет собой закрепленную на местности линию, длина которой точно измерена и предназначается для эталонирования мерных приборов длиной 10, 20, 24, 30,



Рисунок 55. Компаратор мерных приборов

50 метров. Поэтому длина полевого компаратора должна быть кратной указанным величинам. Достигается это тем, что компаратор общей длиной 120 м закрепляют тремя центрами, причем третий центр делит длину его на два отрезка: 20 и 100 метров.

Линию на местности можно измерять лентой с комплектом из 6 или 11 шпилек (см. рис. 54). Измерение выполняют два рабочих. Передний по ходу движения рабочий берет 5 или 10 шпилек в зависимости от длины измеряемой линии, последняя шпилька остается у заднего рабочего. Задний рабочий втыкает свою шпильку в центр колышка А, обозначающего начало линии, зацепляет на нее конец ленты и направляет переднего рабочего, который укладывает ленту в створ линии. Передний рабочий, встряхнув ленту, натягивает ее, вставив шпильку в прорезь против переднего штриха, вкалывает ее в землю. Аналогичным образом лента укладывается и между последующими точками 1 и 2. В таком порядке измерения продолжают до тех пор, пока передний рабочий не воткнет в землю последнюю шпильку. В этот момент у заднего рабочего окажется десять шпилек – девять в руках и одна в земле. Это значит, что измерена линия в 200 м. Для контроля линию измеряют в обратном направлении. Окончательная длина линии получается

как среднее арифметическое из прямого и обратного измерений. Затем ленту насухо протирают тряпкой и аккуратно наматывают на кольцо.

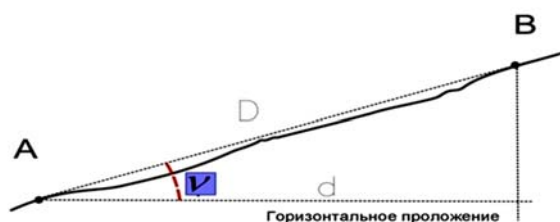


Рисунок 56. Горизонтальное проложение линий

В практике линейных измерений, как правило, приходится иметь дело с измерением наклонных расстояний. Поэтому от непосредственно измеренных линий переходят к их горизонтальным проекциям, или, как их называют в геодезии *горизонтальным проложениям*, которые вычисляют по формуле:

$$d = D \cdot \cos \nu,$$

где,  $D$ — длина наклонной линии на местности,  $\nu$  - угол наклона линии к горизонтальной плоскости.

Иногда горизонтальное проложение  $d$  вычисляют через поправку к наклонному расстоянию  $D$ :

$$\Delta D = D - d.$$

Подставляем в формулу значение  $d$  и получаем:

$$\Delta D = D - D \cdot \cos \nu = D(1 - \cos \nu).$$

### Тема 1.2.2. Угловые измерения

Самым распространенным угломерным прибором является теодолит. Государственный стандарт санкционирует выпуск теодолитов технической точности (оптических), которые предназначены для теодолитных и тахеометрических ходов, маркшейдерских работ на дневной поверхности и под землей, позволяющих измерять углы со средними квадратическими ошибками 15 и 30". Эти теодолиты имеют обозначения Т-15 и Т-30.

На рис. 57 показан теодолит Т-30, он предназначен для измерения горизонтальных и вертикальных углов со средними квадратическими ошибками, не превышающими 30".



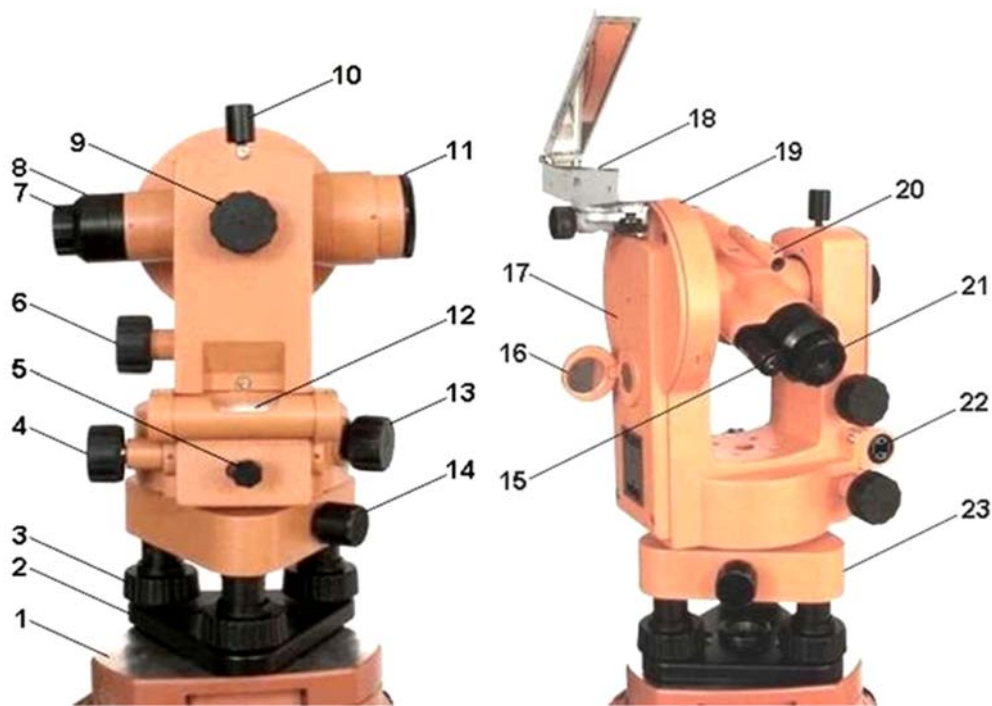


Рисунок 57. Теодолит Т – 30

Устройство теодолита Т -30:

- 1 - *штатив*, служит для установки теодолита над точкой – вершиной угла;
- 2 - *пластина*, к которой крепится треугольная подставка;
- 3 - *три подъемных винта*, служат для горизонтирования прибора;
- 4 - *наводящий винт алидады*;
- 5 - *закрепительный винт алидады*;
- 6 - *наводящий винт зрительной труб*;
- 7 - *окуляр зрительной трубы*;
- 8 - *зрительная труба*;
- 9 - *фокусирующий винт* (кремальера), служит для наведения резкости изображения;
- 10 - *закрепительный винт зрительной труб*;
- 11 - *объектив зрительной трубы*;
- 12 - *цилиндрический уровень*;
- 13 - *наводящий винт лимба*;
- 14 - *закрепительный винт лимба*;
- 15 - *окуляр отсчетного микроскопа*, позволяет снимать отсчеты по В и Г кругам теодолита);
- 16 - *зеркальце*, служит для подсветки шкал;
- 17 - *вертикальный круг*;
- 18 - *ориентир-буссоль*, для ориентирования лимба относительно магнитного меридиана;
- 19 - *пасадоочный паз* для буссоля;
- 20 - *диоптр* (мушка), предназначен для грубой наводки на цель;
- 21 - *окуляр*, предназначен для фокусировки сетки нитей;



- 22 – *исправительные винты цилиндрического уровня;*  
 23 – *треггер, применяется для установки геодезических приборов.*

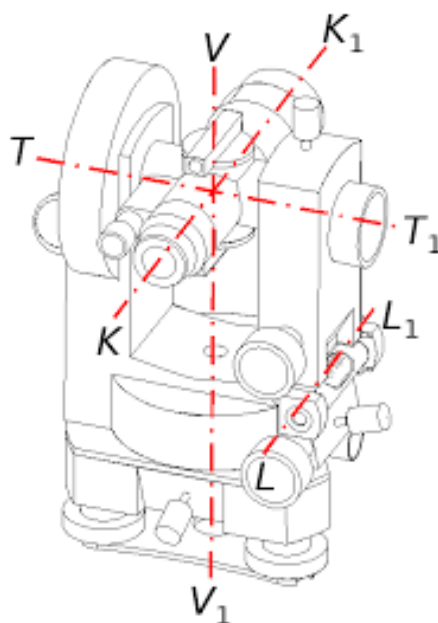


Рисунок 58. Основные оси теодолита

К основным геометрическим осям теодолита относятся:

1. Ось цилиндрического уровня алидады горизонтального круга  $L - L_1$ ;
2. Вертикальная ось вращения прибора  $V - V_1$ ;
3. Горизонтальная ось вращения трубы  $T - T_1$ ;
4. Визирная ось зрительной трубы  $K - K_1$ .

Каждый теодолит в рабочем положении должен иметь следующее сопряжение осей:

- 1) ось цилиндрического уровня перпендикулярна к оси вращения прибора;
- 2) ось вращения приборов совпадает с отвесной линией точки стояния, а плоскость лимба горизонтальна;
- 3) визирная ось трубы перпендикулярна к оси вращения труб;
- 4) горизонтальная ось вращения трубы перпендикулярна к оси вращения прибора.

Для приведения осей к нужным сопряжениям геодезические приборы снабжены исправительными винтами.

*Проверками* называются действия по установлению правильности указанных сопряжений и исправлению в случае их нарушения.

**1 Проверка.** *Ось цилиндрического уровня горизонтального круга должна быть перпендикулярна вертикальной оси теодолита (см. рис. 58):*

*1 шаг* – устанавливают цилиндрический уровень алидады параллельно двум подъемным винтам;

*2 шаг* - вращая подъемные винты в противоположные стороны одновременно, выводят пузырек уровня на середину;

*3 шаг* – поворачивают алидаду на  $90^\circ$  и третьим подъемным винтом выводят пузырек уровня на середину;

4 шаг – поворачивают алидаду на 180°;

5 шаг – смещение пузырька не должно превышать 1 деления от середины уровня.

**2 Поверка.** Визирная ось трубы должна быть перпендикулярна к оси вращения трубы. (Определение коллимационной погрешности).

1 шаг – наводят крест сетки нитей зрительной трубы при положении теодолита «круг слева» на удаленную точку примерно на высоте инструмента;

2 шаг – закрепляют алидаду и зрительную трубу, и берут отсчет по горизонтальному кругу (КЛ);

3 шаг - переводят трубу через зенит, вновь наводят крест сетки нитей зрительной трубы на прежнюю точку при положении теодолита «круг справа»;

4 шаг - закрепляют алидаду и зрительную трубу и берут отсчет по горизонтальному кругу (КП);

5 шаг – вычисляют коллимационную погрешность С по формуле:

$$C = (КЛ - КП \pm 180^\circ) : 2$$

**Примечание.** Если величина коллимационной погрешности не превышает 2'

- условие выполнено, если нет, выполняют исправление.

**3 Поверка.** МО вертикального круга должно быть постоянным и близким к нулю.

1 шаг – визируют на одну и ту же удаленную точку (на высоту прибора) при двух положениях вертикального круга теодолита;

2 шаг - берут отсчеты по вертикальному кругу КП и КЛ;

3 шаг - МО вычисляют по формуле:

$$МО = (КП + КЛ) : 2$$

**Примечание.** МО определяют 2 или 3 раза и оно должно быть  $\leq 1,5'$ . Результаты проверок записывают в журнал (см. табл. 8).

#### Определение коллимационной ошибки

точка стояния	положение верт. круга	точка наведения	Отсчеты по вертикальному кругу		МО МО = (КЛ + КП):2
			о	'	
1	КЛ	2	-1	10	МО = +0°01'
	КП	2	+1	12	

Таблица 8. Журнал проверок  
Определение МО (места нуля)

точка стояния	положение верт. круга	точка наведения	Отсчеты по горизонтальному кругу		Коллимационная ошибка C=(КЛ - КП ± 180°):2
			о	'	
1	КЛ	2	79	16	C = - 0°01'
	КП	2	259	18	

Перед началом измерений нужно над точками местности установить теодолит и вехи. Установка теодолита в рабочее положение над вершиной измеряемого угла состоит из центрирования и горизонтирования. При

центрировании центр лимба теодолита устанавливают над точкой вершины угла при помощи отвеса с точностью  $\pm 5$  мм. Затем выполняют первую поверку.

Вехи устанавливают обычно за точками вдоль измеряемых направлений с точностью  $\pm 5$  мм и по возможности вертикально. Крест сетки нитей трубы при измерении горизонтальных углов наводят на основание вехи, чтобы избежать ошибок за ее наклон.

*Измерение горизонтальных углов.*

*Способ полного приема.* Измерение производится в следующем порядке. Устанавливают теодолит в вершине угла В (направление хода АВС), закрепляют неподвижно лимб, открепляют алидаду и, вращая ее, наводят трубу на точку А. После этого берут отсчеты по счетному устройству по горизонтальному кругу. Отсчеты записывают в полевой журнал.

Затем открепив алидаду, вращают ее и наводят на переднюю веху, стоящую в точке С. Значение угла получается по правилу: отсчет на переднюю точку минус отсчет на заднюю точку, т.е.

$$\beta = \alpha - \epsilon$$

или в нашем случае  $\beta = 104^{\circ}29' - 66^{\circ}17' = 38^{\circ}12'$ .

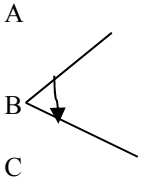
Наведение креста сетки нитей на вехи следует оканчивать винчиванием, чтобы исключить возможную ошибку за счет пружины наводящего винта алидады.

Для исключения влияния коллимационной ошибки и для осуществления контроля повторяют измерения при другом круге после перевода трубы через зенит. Лимб открепляют, поворачивают его примерно на  $90^{\circ}$  и вновь закрепляют, чтобы отсчеты второго полуприема (при другом круге) брать на других частях лимба. Совокупность измерений при КП и КЛ называется *полным приемом*.

Расхождение результатов измерения первым и вторым полуприемами на должны превышать двойной точности теодолита. В противном случае измерения повторяют. Если же это условие выполнено, то за окончательное значение угла принимается среднее арифметическое из результатов полуприемов.

Все вычисления в полевом журнале вплоть до вывода среднего значения угла выполняются до снятия теодолита со станции.

Таблица 9. Журнал измерения горизонтального угла полным приемом.

Точка		Отсчеты по гориз. кругу		Углы в полуприемах	Среднее из углов	Абрис
стояния	визирования	°	'			
В	КП					
	А	66	17	38°12'	38°11,5'	
	С	104	29			
	КЛ					
А	140	32	38°11'			
С	178	43				

### Измерение вертикальных углов.

При измерении вертикальных углов, так же как и горизонтальных, выполняют при двух положениях вертикального круга. Допустим, что измерения начинают при КП. Открепляют закрепительные винты трубы и алидады горизонтального круга, с помощью визирного целика наводят на визирный знак (на вежу). Убедившись что визирный знак находится в поле зрения трубы, с помощью наводящих винтов зрительной трубы и алидады наводят крест сетки нитей на точку визирования А и делают отсчеты по вертикальному кругу. Перед каждым отсчетом устанавливают пузырек уровня трубы на середину ампулы. Отсчеты записывают в полевой журнал. Затем при этом же круге наводят крест сетки нитей на вторую точку С и выполняют те же действия. Переводят трубу через зенит и повторяют наблюдения на точки А и С при КЛ. Прежде всего вычисляют МО из наблюдений на обе точки и вносят их в графу МО против соответствующих точек в строки КП.

$$\text{МО} = (\text{КЛ} + \text{КП}): 2$$

Убедившись, что место нуля остается постоянным, вычисляют углы наклона по формуле:

$$v = \text{КП} - \text{МО}, v = \text{МО} - \text{КЛ}.$$

Результаты вычислений записывают в графу МО в строках, соответствующих отсчетам при визировании КЛ.

Контролем измерений вертикальных углов на станции служит постоянство места нуля. Изменение места нуля может происходить от неточного выведения пузырька уровня на середину, от неточного наведения горизонтальной нити на визирный знак и от ошибок в отсчетах. Непостоянство места нуля вызывается также тем, что исправительные винты уровня или сетки нитей недостаточно затянуты или лимб не жестко скреплен с осью вращения трубы. Эти причины должны быть устранены тщательной подготовкой теодолита к измерениям [2;5;9].

Таблица 10. Журнал измерения вертикальных углов

Точка стояния	Точка визирования	КП КЛ	Отсчеты по вертикальному кругу	МО
В	А	КП	+ 4° 15'	- 0° 01'
		КЛ	- 4° 17'	+ 4° 16'
	С	КП	+ 1° 33'	- 0° 01'
		КЛ	- 1° 35'	+ 1° 34'

### Контрольные вопросы по главе 1.2. «Геодезические измерения»:

1. Какие существуют методы измерения линий? Опишите их.
2. Какими методами вы будете измерять линию на местности если:
  - а) нужно измерить длину здания;
  - б) нужно измерить ширину реки.
3. Расскажите технологию измерения вертикальных углов.

4. Опишите технологию измерения угла полным приемом.

### **Контрольная (самостоятельная) работа для проверки полученных знаний №2**

#### **Вариант 1**

1. Косвенный метод измерений линий.
2. 1 поверка теодолита.
3. Компарирование приборов.
4. Вычислите значение угла из полуприема если известны отсчеты: на т.1 -  $2^{\circ}10'$ , на т.3 -  $178^{\circ}40'$ .

#### **Вариант 2**

1. Непосредственный метод измерения.
2. 2 поверка теодолита.
3. Измерение горизонтального угла.
4. На местности измерена линия длиной 207.00 м, угол наклона этой линии составляет  $10^{\circ}$ . Определите горизонтальное проложение этой линии.

#### **Вариант 3**

1. Вешение линий.
2. Мерные приборы.
3. 3 поверка теодолита.
4. Измерение вертикального угла.

## **Раздел 2. Топографические съемки**

### **Глава 2.1. Контурная съемка**

#### **Тема 2.1.1. Теодолитная съемка**

Получение контурного плана местности с помощью теодолита и мерной ленты или рулетки называется *теодолитной съемкой*. Теодолитом измеряют углы местности и поэтому теодолитную съемку иначе называют угломерной. В результате теодолитной съемки получают план местности без изображения рельефа, поэтому теодолитную съемку называют также *горизонтальной съемкой*.

Горизонтальные съемки при геологоразведочных работах выполняются с целью обеспечения топографической основой результатов поисковых и разведочных работ, т.е. для составления геологических и геофизических карт и подсчета запасов полезных ископаемых. Теодолитные хода широко используются в геологических работах для привязки отдельных разведочных линий и их сетей, поисковых маршрутов, горных выработок и других объектов.

Как правило, теодолитная съемка применяется в равнинной местности. Съемке предшествует выбор, закрепление на местности и определение

координат опорных точек, с которых ведется съемка. Совокупность таких точек называется *съёмочной сетью*.

Плановым обоснованием при теодолитной съемке служат *теодолитные ходы*. Система прямых ломаных линий углы в которой измеряются теодолитом, а стороны мерной лентой либо рулеткой, называется *теодолитным ходом*.

По точности теодолитные ходы разделяют на два разряда:

**1 р.** – с относительной ошибкой не более 1:2000;

**2 р.** – с относительной ошибкой не более 1:1000.

Различают следующие виды теодолитных ходов:

- *разомкнутый ход* - прокладывается для съемки вытянутого в одном направлении участка местности (дороги, просеки, линии электропередач), они должны начинаться и кончаться точками, имеющими координаты;

- *замкнутый ход* - представляет собой сомкнутый полигон (многоугольник), привязанный обычно к одному из опорных пунктов геодезического обоснования;

- *висячий ход* - примыкает к пункту геодезического обоснования только одним концом. Применяют этот ход для определения положения точек расположенных в стороне от основного теодолитного хода, или для съемки ситуации. Обычно такой ход не должен иметь более 3-4 вершин поворота;

- *диагональный ход* - прокладывают для контроля угловых измерений замкнутого хода (полигона) и съемки ситуации внутри него.

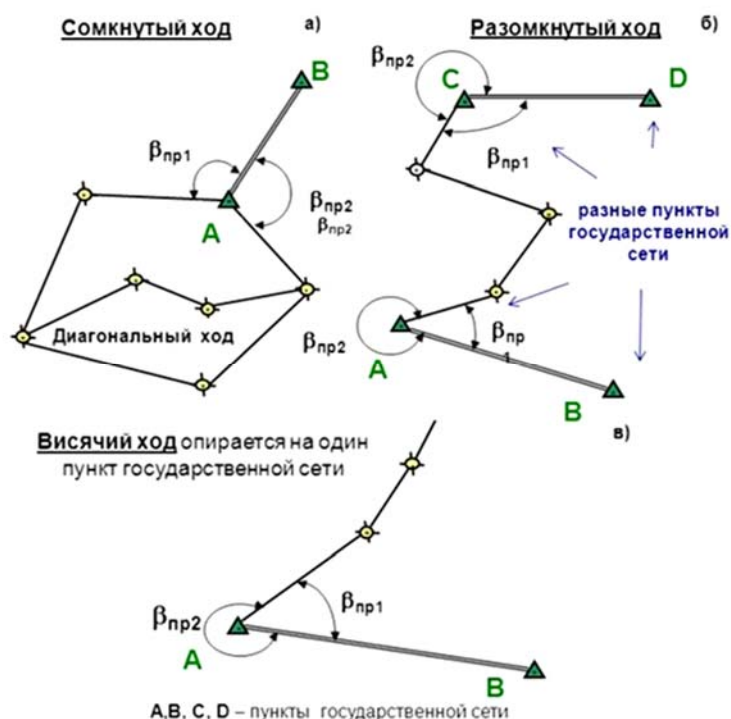


Рисунок 59. Виды теодолитных ходов:

а) замкнутый ход; б) разомкнутый ход; в) висячий ход.

Длины сторон хода не должны превышать 300-350 м и не быть короче 50 м, а в среднем равняться 250 м.

Производство работ при проложении теодолитных ходов включает:

а) *камеральную подготовку*, в которую входят работы по составлению предварительного проекта работ (составлению схем расположения опорных пунктов планового обоснования с указанием их координат, установлению наличия и возможности использования планов и карт крупномасштабных съемок этой местности) на основании анализа собранных материалов;

б) *рекогносцировку* - это осмотр, ознакомление с местностью, подлежащей съемке. В процессе рекогносцировки отыскивают сохранившиеся на местности пункты геодезической плановой сети, окончательно устанавливают места вершин углов поворота теодолитных ходов. Результаты рекогносцировки наносят на карту крупного масштаба; если карты нет, то на схему, составленную в процессе работы;

в) *проложение теодолитных ходов*, состоящее из следующих этапов:

Закрепление точек поворота (вершин) теодолитных ходов временными точками в виде кольев, металлических труб или гвоздями, вбитыми в пни деревьев. Вершину теодолитного хода намечают так, чтобы над ней было, удобно установить теодолит и с нее хорошо просматривалась местность, подлежащая съемке. Номера точек пишут на кольях простым карандашом, а на металлических трубах – масляной краской;

Измерение углов с помощью теодолита. Горизонтальные углы измеряют одним полным приемом с перестановкой лимба между приемами на  $90^\circ$ . Теодолит центрируют над точкой стояния с ошибкой менее  $\pm 5$  мм. При визировании трубу наводят на самую нижнюю видимую часть вехи. Измерение вертикальных углов, если угол наклона линии  $\nu > \pm 2^\circ$ ;

Измерение длин линий стальной 20 метровой мерной лентой или рулеткой в прямом и обратном направлениях. Ленту укладывают на глаз по ближайшей вехе, выставленной в створе измеряемой линии. Оба измерения и среднее из них записывают в журнал установленного образца.

г) *съемка ситуации местности с вершин (точек поворота) теодолитного хода*.

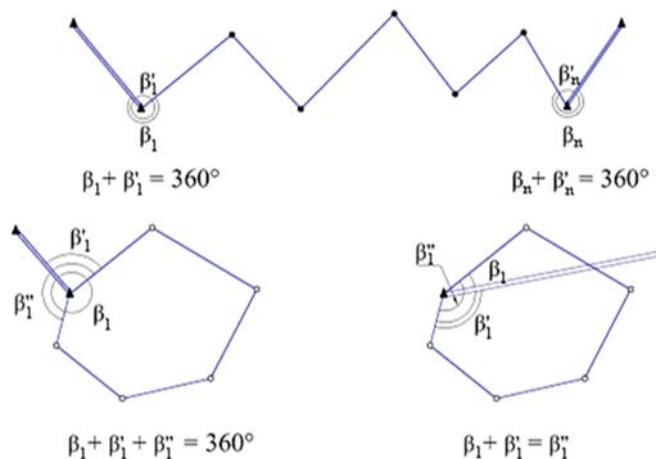


Рисунок 60. Схема привязки



Пункты опорной сети, включенные в теодолитные ходы, координаты которых известны, называются *исходными пунктами*. Кроме известных координат исходных пунктов также должны быть известны исходные дирекционные углы сторон опорной сети (например  $\alpha_n$ ,  $\alpha_k$ ). Привязка теодолитных ходов, таким образом, помимо включения в них точек опорной сети с известными координатами, заключается также в измерении так называемых *примычных углов*, при помощи которых на соответствующие стороны теодолитного хода с опорной сети передаются дирекционные углы.

### Тема 2.1.2. Методы съемки подробностей

Съемка подробностей (ситуации) производится с закрепленных на местности пунктов теодолитных ходов. Она заключается в измерениях, определяющих положение каждого контура и всех других точек ситуации, которые в соответствии с масштабом и заданием должны быть изображены на плане. В зависимости от условий местности, наличия съемочной сети и геодезических приборов применяют следующие способы съемки ситуации.

1. *Метод ординат (перпендикуляров)*. При этом способе положение каждой характерной точки определяется длиной перпендикуляра, опускаемого из характерных точек контура на стороны теодолитного хода, и длиной отрезков от ближайших вершин теодолитного хода до оснований перпендикуляров. Небольшие по размерам перпендикуляры (до 8-10 м) строят на глаз, при размерах до 60 м для их построения пользуются эккером, а при длинах перпендикуляра более 60 м – теодолитом.

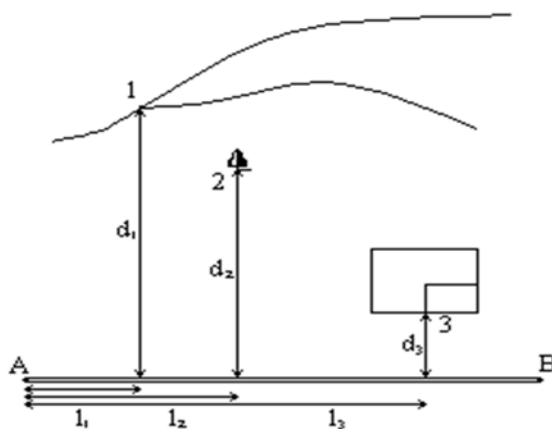


Рисунок 61. Метод перпендикуляров

2. *Метод линейных засечек*. Такой способ применяют при отсутствии угломерных приборов и если точка, положение которой определяют на местности, сравнительно близко находится от базиса. Положение точки определяется измерением двух расстояний от двух вершин теодолитного хода.



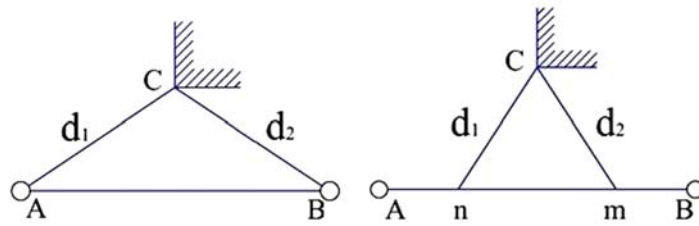


Рисунок 62. Метод линейной засечки

3. *Метод угловых засечек.* Применим для съемки положения отдельных точек ситуации (столбов, вышек, башен, отдельно стоящих деревьев и т. п.), а также в труднодоступных местах (граница болота, берег реки), исключающих линейные измерения. Для определения положения, из двух вершин теодолитного хода измеряют теодолитом горизонтальные углы между опорной линией и направлениями на определяемые точки.

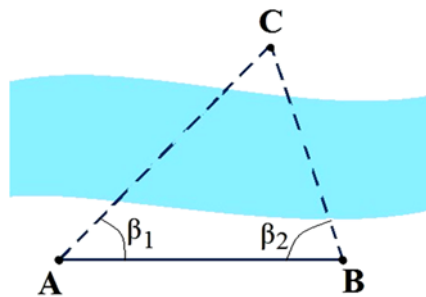


Рисунок 63. Метод угловых засечек

4. *Метод полярных координат.* Этот способ применяют для определения положения характерных точек ситуации на открытой местности, как небольших участков, так и отдельных контуров. Для этого устанавливают теодолит в вершине теодолитного хода выбранной полюсом и измеряют горизонтальные углы между стороной теодолитного хода и направлениями на характерные точки. Мерной лентой или рулеткой измеряют расстояния, представляющие собой радиус-векторы, направленные из точки полюса до каждой характерной точки контура ситуации.

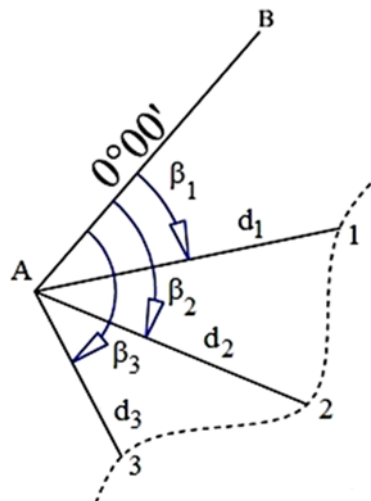


Рисунок 64. Метод полярных координат

Все размеры при съемке ситуации заносят в схематический чертеж, выполняемый на правой стороне полевого журнала теодолитной съемки или в тетради, который называется *абрисом*.

Абрис выполняют от руки карандашом в произвольном крупном масштабе (соизмеримо). Ориентируют абрис по странам света на глаз. Съемка ситуации при прокладке разомкнутого теодолитного хода проводится в пределах сравнительно узкой полосы (50-100 м).

### Тема 2.1.3. Вычисление координат точек замкнутого теодолитного хода

По окончании полевых работ производят проверку полевых журналов и приступают к камеральной обработке результатов измерений.

При полевых работах непосредственными измерениями получают  $S$  – длины сторон хода,  $\beta$  – горизонтальные углы между сторонами хода, и  $\nu$  – вертикальные углы если они более  $2^\circ$ .

Измеренные углы и линии содержат неизбежные случайные ошибки. Поэтому вследствие накопления их (ошибок) результаты измерений не согласуются с теоретическими их значениями. Эти несогласия называют *невязками*.

Одной из задач вычислительных работ является распределение невязки по измеренным величинам так, чтобы исправленные значения были близкими к теоретическим. Процесс распределения невязки и получения исправленных значений величин измеряемых объектов называется *увязкой* или *уравниванием* результатов измерений.

#### 1. Обработка и увязка углов замкнутого теодолитного хода.

1. Определяют практическую сумму измеренных горизонтальных углов хода  $\Sigma\beta_{пр.}$  :

$$\Sigma\beta_{пр.} = \Sigma\beta_{изм.} = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \dots + \beta_n.$$

2. Вычисляют теоретической сумму углов по формуле:

$$\Sigma\beta_{теор.} = 180^\circ \cdot (n-2),$$

где  $n$  – число сторон теодолитного хода.

3. Вычисляют угловую невязку  $f\beta_{пр.}$ :

$$f\beta_{пр.} = \Sigma\beta_{пр.} - \Sigma\beta_{теор.}$$

4. Вычисляют допустимую невязку хода:

$$f\beta_{доп.} \leq 2 \cdot t \cdot \sqrt{n},$$

где  $t$  - точность отсчетного приспособления теодолита,

$n$  – количество измеренных углов.

$$\text{Контроль: } f\beta_{пр.} \leq f\beta_{доп.}$$

5. Вычисляют поправку в измеренные углы пропорционально количеству углов по формуле:

$$v = - f_{\text{впр}} : n ,$$

где  $n$  – количество измеренных углов .

6. Вычисляют исправленные углы:

$$\beta_{\text{испр.}} = \beta_{\text{взм.}} + v$$

$$\text{Контроль: } \Sigma \beta_{\text{испр.}} = \Sigma \beta_{\text{теор.}}$$

### 2. Вычисление дирекционных углов.

Вычисления ведут последовательно, включая все исправленные внутренние углы хода по формуле:

$$\alpha_{\text{посл.}} = \alpha_{\text{пред.}} + 180^\circ - \beta_{\text{испр.}},$$

где,  $\alpha_{\text{посл.}}$  – дирекционный угол последующей стороны;  $\alpha_{\text{пред.}}$  – дирекционный угол предыдущей стороны;  $\beta_{\text{испр.}}$  – исправленный горизонтальный угол.

*Контролем* вычислений будет получение исходного (начального) дирекционного угла.

### 3. Вычисление, оценка точности и увязка приращений координат.

1. Вычисление приращений координат  $\Delta x$  и  $\Delta y$  производят решая прямую геодезическую задачу по формулам:

$$\Delta x = S \cdot \cos \alpha,$$

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

2. Теоретическая сумма приращений координат замкнутого хода по каждой из осей  $X$  и  $Y$  равна нулю:

$$\Sigma \Delta x_{\text{теор.}} = 0, \Sigma \Delta y_{\text{теор.}} = 0.$$

3. Вследствии этого:

$$\Sigma \Delta x_{\text{пр.}} = f_{\Delta x_{\text{пр.}}}, \Sigma \Delta y_{\text{пр.}} = f_{\Delta y_{\text{пр.}}}$$

4. Вычисляют абсолютную линейную невязку в периметре полигона:

$$f_{\text{абс.}} = \pm \sqrt{f_{\Delta x_{\text{пр.}}}^2 + f_{\Delta y_{\text{пр.}}}^2}$$

5. Вычисляют относительную невязку полигона:

$$f_{\text{отн.}} = f_{\text{абс.}} : \Sigma P,$$

где,  $P$ - периметр полигона.

6. Вычисляют поправки в приращения координат по формулам:

$$\delta \Delta x = (-f_{\Delta x_{\text{пр.}}} : P) \cdot S_n, \delta \Delta y = (-f_{\Delta y_{\text{пр.}}} : P) \cdot S_n$$

где,  $P$  – периметр полигона;  $S$  – длина стороны в сотнях метров.

Значения вычисленных поправок округляют до сантиметров.

$$\text{Контроль: } \Sigma \delta \Delta x = -f_{\Delta x_{\text{пр.}}}; \Sigma \delta \Delta y = -f_{\Delta y_{\text{пр.}}}$$

7. Найденные поправки прибавляют к вычисленным приращениям со знаком, обратным знаку невязки, и получают исправленные приращения:

$$\Delta x_{\text{испр.}} = \Delta x_{\text{выч.}} + \delta \Delta x, \Delta y_{\text{испр.}} = \Delta y_{\text{выч.}} + \delta \Delta y$$

$$\text{Контроль: } \Sigma \Delta x_{\text{испр.}} = 0, \Sigma \Delta y_{\text{испр.}} = 0$$

#### 4. Вычисление координат вершин теодолитного хода.

По исправленным приращениям от точек с известными координатами последовательно вычисляют координаты вершин теодолитного хода по формулам:

$$X_{\text{посл.}} = X_{\text{пред.}} + \Delta x_{\text{испр.}}$$

$$U_{\text{посл.}} = U_{\text{пред.}} + \Delta u_{\text{испр.}}$$

*Контролем* вычислений является получение координат исходной точки.

Сумма измеренных углов (измерены теодолитом 2Т-30) замкнутого теодолитного хода из 5 точек составляет  $540^{\circ}04'$ . Определите допустимость угловой невязки хода.

### Практическое задание 8. Вычисление координат вершин замкнутого теодолитного хода.

Для получения контурного плана местности выполнена теодолитная съемка, плановым обоснованием служит замкнутый теодолитный ход, опирающийся на исходный пункт – точку 1 с координатами  $X_1, Y_1$  и дирекционный угол  $\alpha_{1-2}$  стороны 1-2. В результате полевых измерений (см. «Журнал теодолитной съемки») имеем:

Измеренные величины: углы –  $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ ; горизонтальные проложения линий –  $S_{1-2}, S_{2-3}, S_{3-4}, S_{4-1}$ .

Исходные данные: т.1( $X_1, Y_1$ ),  $\alpha_{1-2}$

Вычислить координаты точек: т.2( $X_2, Y_2$ ), т.3( $X_3, Y_3$ ), т.4( $X_4, Y_4$ ).

Выписывают в «Ведомость вычисления координат замкнутого теодолитного хода» (см. табл.11) исходные данные и измеренные величины:

1. В графу 1 ведомости через строчку выписывают номера точек замкнутого теодолитного хода;

2. В графу 2 ведомости выписывают из «Журнала теодолитной съемки» значения измеренных углов из графы «Среднее из углов» -  $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$  в соответствующие строки;

3. В графу 5 между строками пунктов 1 и 2 выписывают значение исходного дирекционного угла.

4. В графу 6 ведомости из журнала выписывают между соответствующими строками значения горизонтальных проложении теодолитного хода -  $S_{1-2}, S_{2-3}, S_{3-4}, S_{4-1}$ ;

5. В графы 13 и 14 выписывают на строке соответствующей точке 1 значение координат этой точки  $X_1, Y_1$  соответственно (в нашем примере - 1500,00 и 1600,00).

**Вычисления координат выполняют в следующем порядке:**

Обработка и увязка углов замкнутого теодолитного хода.

1. Вычисляют практическую сумму измеренных горизонтальных углов хода  $\sum \beta_{\text{пр.}}$  (суммируют углы графы 2) и записывают ее под итоговой чертой в графе 2:

$$\sum \beta_{\text{пр}} = \sum \beta_{\text{изм}} = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_5$$

В нашем примере:

$$\sum \beta_{\text{пр}} = 83^\circ 47' + 104^\circ 56' + 102^\circ 42' + 123^\circ 11' + 125^\circ 26' = 540^\circ 02'$$

Примечание. При суммировании углов следует помнить что  $1^\circ = 60'$ .

2. Вычисляют теоретическую сумму углов по формуле и записывают в ведомость (см. образец):

$$\sum \beta_{\text{теор}} = 180^\circ (n - 2),$$

где  $n$  – количество измеренных углов теодолитного хода.

В нашем примере:

$$\sum \beta_{\text{теор}} = 180^\circ (5 - 2) = 540^\circ 00'.$$

3. Вычисляют практическую угловую невязку (разность между практической и теоретической суммой углов) по формуле:

$$f\beta_{\text{пр}} = \sum \beta_{\text{пр}} - \sum \beta_{\text{теор}}$$

В нашем примере:

$$f\beta_{\text{пр}} = 540^\circ 02' - 540^\circ 00' = + 2'$$

Примечание. Угловая невязка всегда имеет знак + или -. Знаки обязательно пишутся перед невязкой.

4. Практическая угловая невязка не должна быть более допустимой, определяемой по формуле:

$$f\beta_{\text{доп.}} = \pm 2t\sqrt{n},$$

где  $t$  – точность отсчетного приспособления теодолита,

$n$  – количество углов теодолитного хода.

**Контроль.**  $f\beta_{\text{пр}} \leq f\beta_{\text{доп.}}$

5. Если контроль выполняется, то практическую угловую невязку распределяют в углы с обратным знаком, округляя дробные значения до целых минут.

$$\delta\beta = - f\beta_{\text{пр}} / n,$$

где  $\delta\beta$  – поправка в измеренные углы.

**Контроль.**  $\sum \delta\beta = - f\beta_{\text{пр}}$

6. Вычисляют исправленные углы и записывают их в графу 3:

$$\beta_{\text{испр.}} = \beta_{\text{изм}} + \delta\beta$$

**Контроль.**  $\sum \beta_{\text{испр.}} = \sum \beta_{\text{теор}}$

**Вычисление дирекционных углов.**

По исходному дирекционному углу и исправленным углам вычисляют дирекционные углы всех остальных сторон хода по правилу:

*Дирекционный угол последующей стороны равен дирекционному углу предыдущей стороны плюс  $180^\circ$  и минус исправленный горизонтальный угол.*

$$\alpha_{\text{посл.}} = \alpha_{\text{прд}} + 180^\circ - \beta_{\text{испр.}}$$

где,  $\alpha_{\text{посл.}}$  – дирекционный угол последующей стороны,

$\alpha_{\text{прд}}$  – дирекционный угол предыдущей стороны,

$\beta_{\text{испр.}}$  – исправленный горизонтальный угол.

Если исходный дирекционный угол стороны 1-2 -  $\alpha_{1-2}$  то

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} + 180^\circ - \beta_{2\text{испр}},$$

$$\alpha_{3-4} = \alpha_{2-3} + 180^\circ - \beta_{3\text{испр}},$$

$$\alpha_{4-5} = \alpha_{3-4} + 180^\circ - \beta_{4\text{испр}},$$

$$\alpha_{5-1} = \alpha_{4-5} + 180^\circ - \beta_{5\text{испр}}.$$

В нашем примере:  $\alpha_{1-2} = 15^\circ 15'$ , то вычисление дирекционных углов остальных сторон вычисляют следующим образом:

$$\alpha_{1-2} 15^\circ 15' \quad \alpha_{3-4} 167^\circ 37'$$

$$+ 180^\circ 00' + 180^\circ 00'$$

$$\hline 195^\circ 15' \quad 347^\circ 37'$$

$$- 104^\circ 56' - 123^\circ 10'$$

$$\hline \alpha_{2-3} 90^\circ 19' \quad \alpha_{4-5} 224^\circ 27'$$

$$+ 180^\circ 00' + 180^\circ 00'$$

$$\hline 270^\circ 19' \quad 404^\circ 27'$$

$$- 102^\circ 42' - 125^\circ 26'$$

$$\hline \alpha_{3-4} 167^\circ 37' \quad \alpha_{5-1} 279^\circ 01'$$

$$+ 180^\circ 00'$$

$$459^\circ 01'$$

$$- 83^\circ 46'$$

$$\hline 375^\circ 15'$$

$$- 360^\circ 00'$$

$$\hline \alpha_{1-2} 15^\circ 15' \text{ (контроль)}$$

Контролем правильности вычисления дирекционных углов является получение исходного (начального) дирекционного угла.

### Вычисление, оценка точности и увязка приращений координат.

1. Суммируя горизонтальные проложения графы 5 вычисляют длину хода (периметр), результат записывают под итоговой чертой графы 5 в ведомости:

$$P = \sum S$$

$$\sum S = 280,54 + 183,17 + 205,59 + 141,81 + 204,28 = 1015,39 \text{ м.}$$

2. Приращения координат вычисляют по формулам:

$$\Delta x = S \cdot \cos \alpha;$$

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

В нашем примере:

Для стороны 1-2:

$$\Delta x_{1-2} = S_{1-2} \cdot \cos \alpha_{1-2} = 280,54 \cdot \cos 15^\circ 15' = +270,66 \text{ м}$$

$$\Delta y_{1-2} = S_{1-2} \cdot \sin \alpha_{1-2} = 280,54 \cdot \sin 15^\circ 15' = +73,79 \text{ м}$$

Для стороны 2-3:

$$\Delta x_{2-3} = S_{2-3} \cdot \cos \alpha_{2-3} = 183,17 \cdot \cos 90^\circ 19' = -1,01 \text{ м}$$

$$\Delta y_{2-3} = S_{2-3} \cdot \sin \alpha_{2-3} = 183,17 \cdot \sin 90^\circ 19' = +183,17 \text{ м}$$

Для остальных сторон вычисления выполняют аналогично.

Приращения координат записывают в соответствующие графы на соответствующих строках.

Примечание. Приращения координат имеют знаки + или-. Знаки приращений координат пишутся.

3. Теоретическая сумма приращений координат замкнутого теодолитного хода по каждой из осей X и Y равна нулю:

$$\sum \Delta x_{\text{теор}} = X_k - X_n = 0;$$

$$\sum \Delta y_{\text{теор}} = Y_k - Y_n = 0,$$

где,  $X_k$  и  $Y_k$  – координаты конечной точки хода;

$X_n$  и  $Y_n$  – координаты начальной точки хода.

4. Практические невязки по  $\Delta x$  и  $\Delta y$  вычисляют, суммируя значения в графах 6 и 7 соответственно и вычисляют невязки по  $\Delta x$  и  $\Delta y$  используя формулы:

$$f \Delta x = \sum \Delta x_{\text{пр.}} - \sum \Delta x_{\text{теор}} = \sum \Delta x_{\text{пр.}} - 0 = \sum \Delta x_{\text{пр.}};$$

$$f \Delta y = \sum \Delta y_{\text{пр.}} - \sum \Delta y_{\text{теор}} = \sum \Delta y_{\text{пр.}} - 0 = \sum \Delta y_{\text{пр.}}$$

где,  $\sum \Delta x_{\text{пр.}}$  – практическая сумма приращений  $\Delta x$  (сумма графы 6);

$\sum \Delta y_{\text{пр.}}$  – практическая сумма приращений  $\Delta y$  (сумма графы 7).

В нашем примере:

$$f \Delta x = (+270,66) + (-1,01) + (-200,81) + (-101,23) + (+32,02) = -0,37;$$

$$f \Delta y = (+73,79) + (183,17) + (+44,09) + (-99,31) + (-201,76) = -0,02.$$

5. Вычисляют абсолютную невязку хода по формуле:

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{f \Delta x^2 + f \Delta y^2}$$

**Контроль.**  $f \Delta x \leq f_{\text{абс}}$ ,  $f \Delta y \leq f_{\text{абс}}$

6. Вычисляют относительную невязку хода:

$$f_{\text{отн}} = 1/P : f_{\text{абс}}$$

Примечание. Если относительная невязка не превышает 1:2000, ее считают допустимой.

7. При допустимой относительной невязке вычисленные приращения увязывают (исправляют). Исправления производят, определяя поправки к приращениям координат по оси X – на величину  $f \Delta x$ , по оси Y – на величину  $f \Delta y$ . Поправки вводят в вычисленные приращения с обратным знаком пропорционально длинам сторон по формулам:

$$\delta \Delta x = (- f \Delta x : P) \cdot S_n, \delta \Delta y = (- f \Delta y : P) \cdot S_n.$$

Значения вычисленных поправок округляют до сантиметров (до сотых) и записывают над соответствующими приращениями в графах 6 и 7.

В нашем примере:

$$\delta \Delta x_{1-2} = (+0,37 : 1015,40) \cdot 280,54 = +0,1022 = +0,10;$$

$$\delta \Delta x_{2-3} = (+0,37 : 1015,40) \cdot 183,17 = +0,0676 = +0,07;$$

и т.д.

$$\delta \Delta y_{1-2} = (+0,02 : 1015,40) \cdot 280,54 = +0,0055 = +0,01;$$

и т.д.

**Контроль.** Сумма поправок в приращения по  $\Delta x$  должна быть равна невязке с обратным знаком по  $\Delta x$ , и сумма поправок в приращения по  $\Delta y$  должна быть равна невязке по  $\Delta y$  с обратным знаком, т.е.:

$$\sum \delta \Delta x = -f \Delta x, \sum \delta \Delta y = -f \Delta y.$$

8. Найденные поправки прибавляют к вычисленным приращениям со знаком, обратным знаку невязки, и получают исправленные приращения, которые записывают в графы 8 и 9 соответственно:

$$\Delta x_{\text{испр}} = \Delta x_{\text{выч}} + \delta \Delta x, \Delta y_{\text{испр}} = \Delta y_{\text{выч}} + \delta \Delta y$$

В нашем примере:

$$\Delta x_{1-2\text{испр}} = (+270,66) + (+0,10) = +270,76;$$

$$\Delta x_{2-3\text{испр}} = (-1,01) + (+0,07) = -0,94.$$

и т.д.

**Контроль.** Сумма исправленных приращений координат по  $\Delta x$  и  $\Delta y$  должна быть равна нулю:

$$\sum \Delta x_{\text{испр}} = 0, \sum \Delta y_{\text{испр}} = 0.$$

Вычисление координат вершин замкнутого теодолитного хода.

По исправленным приращениям координат от точки с известными координатами последовательно вычисляют координаты вершин замкнутого теодолитного хода по формулам:

$$X_{\text{посл.}} = X_{\text{пред.}} + \Delta x_{\text{испр}},$$

$$Y_{\text{посл.}} = Y_{\text{пред.}} + \Delta y_{\text{испр}},$$

где,  $X_{\text{посл.}}$ ,  $Y_{\text{посл.}}$  – координаты  $X$  и  $Y$  последующей точки,

$X_{\text{пред.}}$ ,  $Y_{\text{пред.}}$  – координаты  $X$  и  $Y$  предыдущей точки.

В нашем примере:

$$X_2 = X_1 + \Delta x_{1-2\text{испр}} = 1500,00 + (+270,76) = 1770,76 \text{ м};$$

$$X_3 = X_2 + \Delta x_{2-3\text{испр}} = 1770,76 + (-0,94) = 1769,82 \text{ м},$$

и т.д.

$$Y_2 = Y_1 + \Delta y_{1-2\text{испр}} = 1600,00 + (+73,80) = 1673,80 \text{ м};$$

$$Y_3 = Y_2 + \Delta y_{2-3\text{испр}} = 1673,80 + (+183,18) = 1856,98 \text{ м},$$

и т.д.

**Контролем** вычислений является получение координат исходной точки:

$$X_1 = X_5 + \Delta x_{5-1\text{испр}} = 1467,91 + (+32,09) = 1500,00 \text{ м};$$

$$Y_1 = Y_5 + \Delta y_{5-1\text{испр}} = 1801,76 + (-201,76) = 1600,00 \text{ м}.$$

Таблица 1. Ведомость вычисления координат замкнутого теодолитного хода

№ станции	Горизонтальные углы			Дирекционные углы	Горизонтальное проложение, м	Приращения координат						Координаты	
	Измерен.	Поправка	Исправлен.			вычисленные			исправленные			X	Y
						$\Delta x$	Испр.	$\Delta y$	Испр.	$\Delta x$	$\Delta y$		
1	83°47'	-1'	83°46'									1500	1600
				15° 15'	280,54	+270,66	+0,10	+73,79	+0,01	+270,76	+73,80		



2	104°56'		104°56'									1770,76	1673,80
				90° 19'	183,17	-1,01	+0,07	+183,17	+0,01	- 0,94	+183,18		
3	102°42'		102°42'									1769,82	1856,98
				167° 37'	205,59	-200,81	+0,06	+44,09	0		+44,09		
4	123°11'	-1'	123°10'									1569,07	1901,07
				224° 27'	141,81	-101,23	+0,07	-99,31	0	-101,16	- 99,31		
5	125°26'		125°26'									1467,91	1801,76
				279 ° 01'	204,28	+32,02	+0,07	-201,76	0	+32,09	-201,76		
1												1500	1600
						$\sum \Delta x = -0.37$		$\sum \Delta y = -0.02$		$\sum \Delta x = 0$	$\sum \Delta y = 0$		

$$\sum \beta = 540^\circ 02' \quad P = 1015,39$$

$$\beta_{\text{теор}} = 180^\circ(5-2) = 540^\circ 00' \quad f_{\text{абс}} = +0.37$$

$$f_{\beta} = 2'$$

$$f_{\beta \text{доп}} = 1' \sqrt{5} = 2.2' \quad f_c = 1/2744$$

### Контрольные вопросы по главе 2.1. «Контурная съемка»:

1. Дайте характеристику планового обоснования теодолитной съемки.
2. Опишите технологию выполнения теодолитной съемки.
3. Опишите методы угловых засечек и перпендикуляров при съемке ситуации в теодолитной съемке.
4. Опишите методы линейных засечек и полярных координат при съемке ситуации в теодолитной съемке.
5. Решая какую задачу можно получить приращения координат. Напишите формулы.

### Контрольная (самостоятельная) работа для проверки полученных знаний №3

#### Вариант 1

1. Назначение и принцип построения замкнутого теодолитного хода.
2. Привязка теодолитных ходов к пунктам ГГС.
3. Метод перпендикуляров при съемке ситуации.
4. Практическая сумма измеренных горизонтальных углов хода  $\sum \beta_{\text{пр}} = 360^\circ 02'$ . Вычислить угловую невязку хода.

#### Вариант 2

1. Назначение и принцип построения разомкнутого теодолитного хода.
2. Как измеряют длины линий в теодолитных ходах?
3. Метод угловых засечек при съемке ситуации.
4. Дан исходный дирекционный угол  $\alpha_1 = 120^\circ 32'$  и горизонтальный угол по второй точке  $\beta_2 = 165^\circ 20'$ . Определить дирекционный угол последующей стороны.

### Вариант 3

1. Назначение и принцип построения висячего теодолитного хода.
2. Перечислите порядок выполнения теодолитной съемки.
3. Метод линейных засечек при съемке ситуации.
4. Дан дирекционный угол  $\alpha_1 = 180^\circ 38'$  и горизонтальное проложение стороны теодолитного хода  $S = 123,76$  м. Определить приращения координат  $\Delta x$  и  $\Delta y$ .

### Вариант 4

1. Назначение и принцип построения диагонального теодолитного хода.
2. Метод полярных координат.
3. Какова цель горизонтальной съемки.
4. Определить относительную ошибку хода, если даны периметр хода  $P = 976,34$  м и абсолютная ошибка  $f_{абс} = 0,12$ .

## Глава 2.2. Вертикальная съемка

### Тема 2.2.1. Геометрическое нивелирование

*Нивелирование* – это геодезические измерения, выполняемые на местности для определения превышений одних точек над другими.

В зависимости от применяемых приборов и методов различают нивелирование: геометрическое, тригонометрическое (геодезическое), барометрическое, механическое, гидростатическое, радиолокационное, стереофотограмметрическое.

*Геометрическое нивелирование* – это метод определения превышения точек земной поверхности горизонтальным лучом визирования по вертикально стоящим рейкам. По взаимному расположению нивелира и реек различают два основных метода геометрического нивелирования: нивелирование «вперед» и нивелирование «из середины».



Рисунок 65. Нивелирование вперед

*Нивелирование вперед.*

При этом способе устанавливают нивелир в точке А, приводят его в рабочее положение и измеряют по отвесу рулеткой или рейкой высоту прибора  $i$ .

Высотой прибора называют вертикальное расстояние  $i$  от центра окуляра горизонтально установленной визирной оси трубы до точки А. Рейку ставят впереди нивелира в переднюю точку В и берут по ней отсчет  $b$ . Превышение  $h$  определяют по формуле:

$$h = i - b.$$

Превышение равно высоте прибора минус отсчет по рейке, установленной в переднюю точку. Если линия местности повышается от точки А к точке В, превышение положительно, при понижении местности, когда точка В будет ниже точки А, величина превышения отрицательная.

**Задача.** Высота нивелира равна 1315мм, отсчет по рейке 1078мм, вычислите превышение между точками.

**Решение.**

$$i = 1315\text{мм} \quad h = i - b = 1315\text{мм} - 1078\text{мм} = + 237\text{мм}$$

$$b = 1078\text{мм}$$

$$h - ?$$

*Нивелирование из середины.* При этом способе нивелирные рейки ставят в точках А (задней) и В (передней), а нивелир устанавливают примерно на одинаковых расстояниях между ними (в середине). Приведя нивелир в рабочее положение, визируют зрительную трубу на рейки, установленные в точках А и В, и по горизонтальной нити сетки берут отсчеты по ним. Отсчеты по рейкам называются *взглядами*:  $\alpha$  – взгляд назад (отсчет по рейке в точке А),  $b$  – взгляд вперед (отсчет по рейке в точке В). Искомое превышение вычисляют по формуле:

$$h = \alpha - b,$$

т.е. превышение передней точки над задней равно взгляду назад минус взгляд вперед.

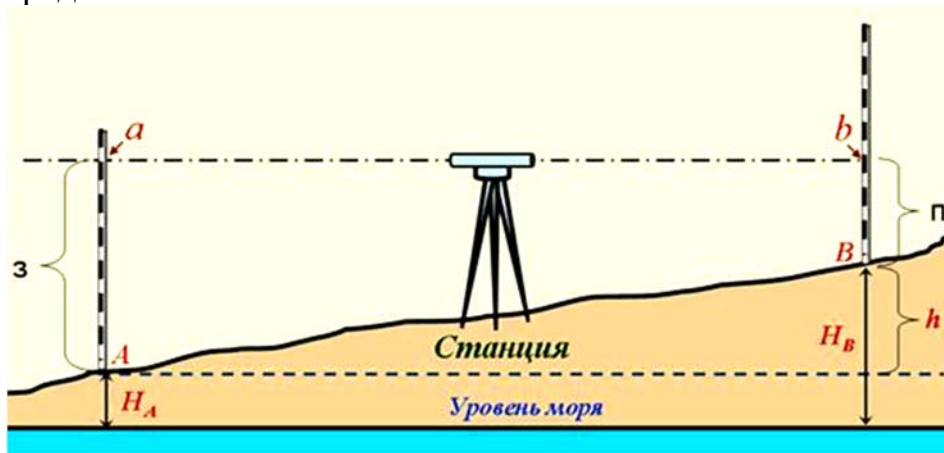


Рисунок 66. Нивелирование из середины

**Задача.** Отсчет по рейке в точке А равен - 2344мм, а в точке В - 5681 мм. Определите превышение между точками А и В.

**Решение.**

$$\alpha = 2344\text{мм} \quad h = \alpha - b = 2344\text{мм} - 5681\text{мм} = - 3337\text{мм}$$

$$b = 5681\text{мм}$$

$$h - ?$$

Отметку передней точки  $H_B$  можно вычислить через величину, называемую горизонтом инструмента **ГИ**. *Горизонт инструмента* – это высота визирной оси нивелира над основной уровенной поверхностью:

$$ГИ = H_A + \alpha$$

Горизонт инструмента равен абсолютной отметке точки плюс отсчет по рейке (по черной стороне), установленной на эту точку. Зная горизонт инструмента, можно найти высоты любых точек, нивелируемых с данной станции:

$$H_c = ГИ - c.$$

**Задача.** Определить абсолютную отметку точки С, если абсолютная отметка точки А равна 123.435 м, отсчеты по черной стороне рейки в точке А равен 1235мм, а в точке С – 2451мм.

**Решение.**

$$H_A = 123.435\text{м} \quad ГИ = H_A + \alpha = 123.435\text{м} + 1.235\text{м} = 124.670\text{м}$$

$$\alpha = 1235\text{мм} \quad H_c = ГИ - c = 124.670\text{м} - 2.451\text{м} = 122.219\text{м}$$

$$c = 2451\text{мм}$$

$H_c$  - ?

### Тема 2.2.2. Нивелирование поверхности

Нивелирование поверхности производят для детального изображения рельефа местности на строительных площадках крупных сооружений, промышленных площадках горных предприятий, на участках открытых горных работ и т.д. В зависимости от характера рельефа и ситуации местности, а также от площади нивелируемой поверхности применяют различные способы нивелирования: по квадратам, параллельных линий, магистралей (полигонов) и др.

Если нивелирование производится с целью передачи отметок на значительное расстояние, а также построения профиля местности то выполняется последовательное нивелирование.

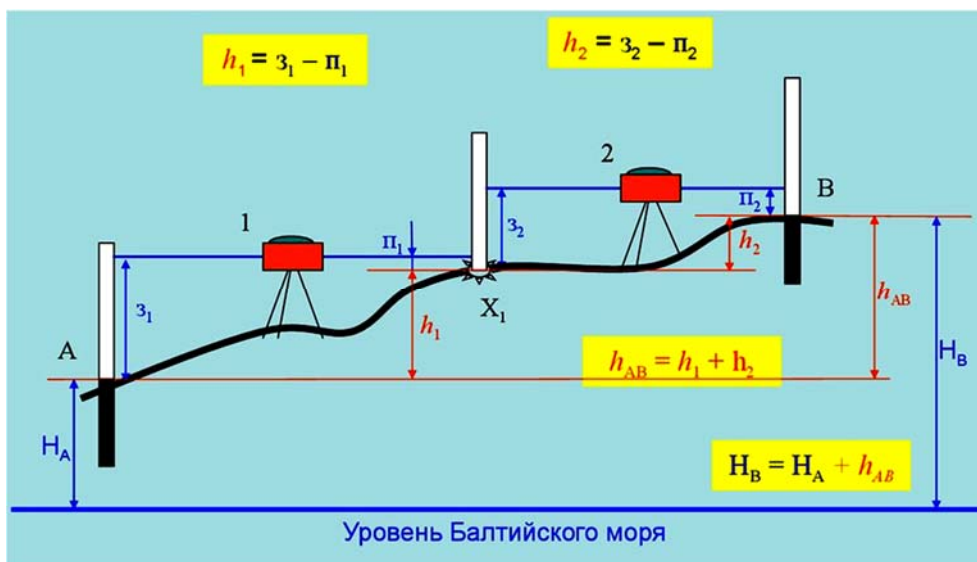


Рисунок 67. Последовательное нивелирование

Нивелируемая линия разбивается на части, каждая из которых нивелируется с одной станции (станция – место установки нивелира). Установив нивелир на первой станции получают превышение точки 1 относительно начальной точки  $h = a - b$ .

Далее, последовательно переставляя нивелир и рейки, аналогично находят превышения между последующими точками. Таким образом образуется нивелирный ход. Превышение конечной точки над первой будет равняться сумме отсчетов по задней рейке минус сумма отсчетов по передней рейке.

Если нивелирование производится для получения отметки конечной точки  $H_k$ , то при заданной отметке  $H_n$  начальной точки отметка  $H_k$  будет равна:

$$H_k = H_n + h,$$

где,  $h$  – превышение конечной точки над первой.

В случае, когда нивелирование производится с целью составления профиля местности, определяют отметки всех задних и передних точек и они называются *связующими*.

Связующие точки назначают на местности через равные интервалы (100, 60, 40 м) и поэтому они, как правило не совпадают с точками перегиба рельефа. Для составления же профиля местности необходимо знать отметки характерных точек, называемых *промежуточными*, или *плюсовыми*, и обозначаемых числом метров, соответствующих расстоянию их от задней точки (т.1 + 65). Отметки промежуточных точек вычисляют через горизонт инструмента.

При нивелировании крутых скатов определяемое превышение может оказаться больше длины рейки. В этом случае назначается дополнительная связующая точка, называемая *иксовой* точкой. Расстояние от иксовой до задней связующей точки не измеряется. Искомое превышение измеряется по частям. В зависимости от крутизны ската на данной станции может быть одна или несколько иксовых точек.

При проектировании сооружений линейного типа независимо от их назначения основной задачей инженерно-геодезических изысканий является определение на местности положение оси проектируемого сооружения – оси трассы. Для этого вначале ось трассы намечают на карте мелкого масштаба, а затем на планах масштабов 1:5000 – 1:1000. Утвержденный вариант оси трассы переносят на местность и по трассе прокладывают теодолитный ход и ход технического нивелирования. Нивелирование по оси трассы называется *продольным* нивелированием. Линия, по которой ведут нивелирование, называется *осью нивелирования*. Это обычно ломаная линия с углами поворота, величина которых не превышает  $180^\circ$ .

Нивелирование с целью построения профиля по заданной линии местности выполняется в следующем порядке:

1. Разбивают пикетаж, т.е. ось нивелирования разбивают на отрезки длиной 100 м. Точки на оси нивелирования, для которых определяют высоты, называют *пикетами*. Эти точки закрепляют на местности и нумеруют, начиная с нулевой в начале оси. Каждый номер пикетной точки определяет расстояние ее от начала оси. Например, пикетная точка 5 (пк5) означает, что от начала оси до нее расстояние равно 500 м.

2. Если между соседними пикетами имеются характерные переломы линий (на перегибах рельефа), то эти точки также закрепляют на местности и называют их *плюсовыми* или *промежуточными*. Они обозначаются указанием расстояния до них от предыдущего пикета, например пк 5+40 м.

Нивелирование производят техническим нивелированием методом из середины. Высота визирного луча над поверхностью земли не должна быть менее 20 см. Места установки нивелира на каждой станции определяется на глаз или измеряется шагами. Нивелирные рейки, как правило, применяют двусторонние и их ставят на чугунные башмаки или костыли.

Нивелирование начинают привязкой к реперу, установив нивелир на ст. I между начальным репером и нулевым пикетом. Трубу нивелира последовательно визируют на эти точки и производят отсчеты по средней нити с точностью до 1 мм.

Порядок считывания отсчетов на станции следующий:

1. Берут отсчет по черной стороне задней рейки.
2. Берут отсчет по черной стороне передней рейки.
3. Берут отсчет по красной стороне передней рейки.
4. Берут отсчет по красной стороне задней рейки.

Полученные отсчеты последовательно записывают в журнал нивелирования. По отсчетам по черной и красной сторонам реек вычисляют превышения по формуле:

$$h = a - b.$$

Разность между превышениями, определенными по черной и красной сторонам реек, не должна быть более  $\pm 4$  мм. Если разность получается больше, отсчеты повторяют вновь.

После этого при продольном нивелировании рейку ставят на промежуточные (плюсовые) точки и берут один отсчет только по черной стороне рейки.

Чтобы устранить неизбежные ошибки при нивелировании для построения профиля местности осуществляются два вида полевого контроля: на станции и хода в целом.

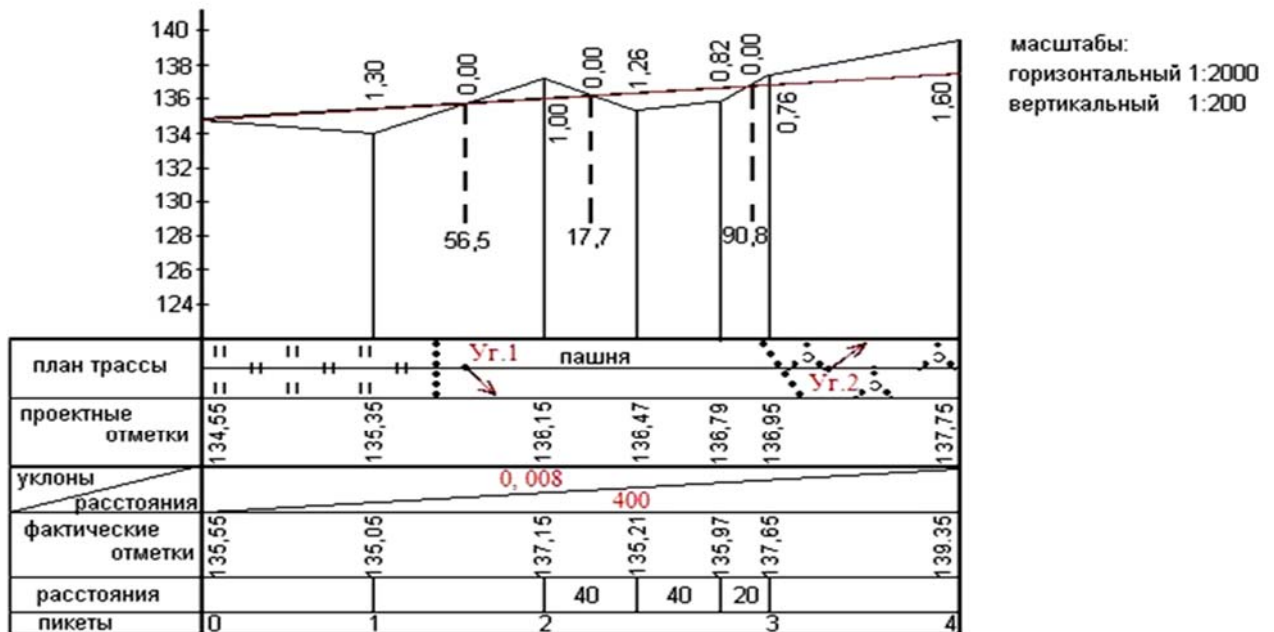


Рисунок 68. Профиль продольного нивелирования

### Тема 2.2.3. Обработка журнала технического нивелирования

Камеральная обработка нивелирования начинается с тщательного просмотра всех записей и вычислений в полевых журналах из постраничного контроля в две руки.

#### 1. Постраничный контроль.

1. Вычисляют сумму отсчетов взятых по задней рейке  $\Sigma Z$ .
2. Вычисляют сумму отсчетов взятых по передней рейке  $\Sigma n$ .
3. Вычисляют сумму превышений по всему ходу по формуле:  $(\Sigma Z - \Sigma n) : 2$
4. Вычисляют сумму вычисленных превышений  $\Sigma h_{\text{выч.}}$ .
5. Вычисляют сумму превышение по всему ходу по формуле:

$$\Sigma h_{\text{выч.}} : 2$$

6. Вычисляют сумму средних превышений  $\Sigma h_{\text{ср.}}$ .

$$\text{Контроль: } (\Sigma Z - \Sigma n) : 2 = \Sigma h_{\text{выч.}} : 2 = \Sigma h_{\text{ср.}}$$

#### 2. Увязка превышений и вычисление абсолютных отметок точек.

1. Вычисляют теоретическую сумму превышений, как разность отметок конечного репера  $R_{pn}$  и начального репера  $R_{p1}$ :

$$\Sigma h_{\text{теор.}} = H_{R_{pn}} - H_{R_{p1}}$$

2. Вычисляют невязку хода:

$$f_{\text{np}} = \Sigma h_{\text{np.}} - \Sigma h_{\text{теор.}}$$

$$\text{где } \Sigma h_{\text{np.}} = \Sigma h_{\text{ср.}}$$

3. Допустимую невязку хода вычисляют по формуле:

$$f_{\text{доп.}} = \pm 10 \sqrt{n},$$

где  $n$  – число станций хода.

$$\text{Контроль: } f_{\text{np}} \leq f_{\text{доп}}$$

4. Невязку нивелирного хода вычисляют и распределяют на все превышения с обратным знаком пропорционально количеству превышений хода:

$$v = - fh_{\text{пр}} : n$$

Контроль:  $\Sigma v = - fh_{\text{пр}}$

5. Вычисляют исправленные превышения:

$$h_{\text{испр.}} = h_{\text{ср.}} + v$$

Контроль:  $\Sigma h_{\text{испр.}} = \Sigma h_{\text{теор.}}$

6. Отметки связующих точек вычисляют по формуле:

$$H_{\text{посл.}} = H_{\text{пред.}} + h,$$

где,  $H_{\text{посл.}}$  – отметка последующей точки,  $H_{\text{пред.}}$  – отметка предыдущей точки.

*Правильность вычисления контролируют получением в итоге отметки конечного репера.*

7. Вычисляют горизонты инструментов для тех станций, на которых имеются промежуточные точки:

$$ГИ = H_A + a.$$

Отметки промежуточных точек вычисляют по формуле:

$$H_c = ГИ - c.$$

### **Практическое задание 9. Вычисление абсолютных отметок точек нивелирного хода**

Техническое нивелирование выполняется методом «нивелирования из середины». Ход прокладывают в одном направлении. Нормальное расстояние между нивелиром и рейками равно 120м, при хороших условиях видимости можно увеличить до 200м. Расстояние между нивелиром и рейками измеряют шагами. Рейки устанавливают на костыли или башмаки.

#### **Порядок работы на станции при техническом нивелировании:**

1. Устанавливают нивелир по середине между пикетами.
2. На пикетах устанавливают нивелирные рейки,
3. Наводят вертикальную нить сетки нитей на середину - задней рейки и с помощью элевационного винта выводят пузырек контактного цилиндрического уровня на середину.
4. Берут отсчет по черной стороне задней рейки (1).
5. Берут отсчет по черной стороне передней рейки (предварительно выполнив условия п.3) (2).
6. Берут отсчет по красной стороне передней рейки (3).
7. Берут отсчет по красной стороне задней рейки (4).

Все отсчеты записываются в соответствующие графы журнала технического нивелирования (см. таблицу 12).

**Задание.** *Выполнить обработку журнала технического нивелирования.*

**Порядок выполнения задания:**



1. Вычисляют превышения на станции 1 по черной стороне реек:

$$h_{ч} = (1) - (2) = (5)$$

В нашем примере:

$$h_{ч} = 0745 - 1637 = -0892$$

2. Вычисляют превышения на станции 1 по красной стороне, реек:

$$h_{к} = (4) - (3) = (6)$$

В нашем примере:

$$h_{к} = 5532 - 6420 = -0888$$

**Контроль:  $h_{ч} - h_{к} \leq 4$  мм**

В данном примере  $(-0892) - (-0888) = 4$  мм.

2. Вычисляют среднее превышение на станции:

$$h_{ср.} = (5 + 6) : 2 = (7)$$

В данном примере  $[(-0892) + (-0888)] : 2 = -0890$

4. Последовательно вычисляют превышения и средние превышения на станциях, контролируя разность превышений по нормам.

Постраничный контроль.

1. Вычисляют сумму отсчетов по задней рейке (сумму отсчетов графы 3)  $\sum$

3.

2. Вычисляют сумму отсчетов по передней рейке (сумму отсчетов графы 4)

$$\sum \pi .$$

3. Вычисляют суммарное превышение по всему нивелирному ходу по формуле:

$$(\sum z - \sum \pi) : 2$$

В нашем примере:  $(30454 - 28960) : 2 = +741$

4. Вычисляют алгебраическую сумму превышений по ходу (сумму графы 6 с учетом знаков)  $\sum h_{выч.}$  и ее полусумму по формуле:

$$\sum h_{выч.} : 2 = +1494 : 2 = +747$$

5. Вычисляют практическую сумму средних превышений по всему ходу (сумму графы 7)  $\sum h_{пр.}$

**Контроль:  $(\sum z - \sum \pi) : 2 = \sum h_{выч.} : 2 = \sum h_{пр.}$**

Вычисление абсолютных отметок точек.

1. Вычисляют теоретическую сумму превышений по ходу:

$$\sum h_{теор.} = H_{Rp2} - H_{Rp1},$$

где,  $H_{Rp1}$  - абсолютная отметка начального репера  $Rp1$ ;

$H_{Rp2}$  - абсолютная отметка конечного репера  $Rp2$ .

В нашем примере:

$$\sum h_{теор.} = 76,098 - 75,355 = +0,743$$

2. Вычисляют практическую невязку хода по формуле:

$$f_{hпр.} = \sum h_{пр.} - \sum h_{теор.},$$

где,  $\sum h_{пр.}$  - сумма средних превышений по всему ходу, сумма графы 7.

3. Вычисляют допустимую невязку по ходу:

$$f_{доп.} = \pm 10\sqrt{n},$$

где,  $n$  — число станций хода.

**Контроль:**  $f_{hnp} \leq f_{hдоп}$

4. Практическую невязку распределяют в превышения с обратным знаком пропорционально числу превышений до целых миллиметров

$$V_h = -f_{hnp} \cdot n,$$

где  $n$  - число превышений.

5. Вычисляют исправленные превышения по формуле:

$$h_{испр.} = h_{выч.} + V_h$$

**Контроль:**  $\sum h_{испр.} = \sum h_{теор.}$

6. Вычисляют абсолютные отметки пикетных точек

$$H_{посл.} = H_{пред.} + h_{испр.}$$

где,  $H_{посл.}$  - абсолютная отметка последующей точки;

$H_{пред.}$  - абсолютная отметка предыдущей точки.

В нашем примере:

$$H_{пк0} = 75,355 + (-0,890) + (-0,001) = 74,464 \text{ м}$$

Для остальных пикетов вычисления выполняют аналогично.

**Контроль.** В результате вычислений получают абсолютную отметку  $R_p 2$ .

7. Вычисляют высоту горизонта инструмента  $ГИ$  на станциях 2 и 3 по формулам:

$$ГИ \text{ ст.2} = H_{пк0} + (8) \text{ и } ГИ \text{ ст.3} = H_{пк1} + (9),$$

На примере:

$$ГИ_{ст.2} = 74,464 + 1,853 = 76,317 \text{ м}, \quad ГИ_{ст.3} = 75,804 + 1,021 = 76,825 \text{ м}.$$

8. Вычислить абсолютные отметки промежуточных точек:

$$H_{пк0+10} = ГИ - (10), \quad H_{пк1+40} = ГИ - (11).$$

На примере:

$$H_{пк0+10} = 76,317 - 1,687 = 74,630 \text{ м}, \quad H_{пк1+40} = 76,825 - 2,017 = 74,808 \text{ м}.$$

Таблица 12. Журнал технического нивелирования

№ ст	Точки	Отчеты по рейке			Превышения, мм			Горизонт прибора, м	Абсолютные отметки, м
		задние	передние	промежуточные	вычисл.	средние	исправ.		
1	$R_p 1$	0745(1)	1673(2)		-0892(5)	-0001	-0891		75,355
	$Пк0$	5532(4)	6420(3)		0888(6)	-0890(7)			74,464
2	$Пк0$	1853(8)	0514		+1339	-0001	+1340	76,317	74,464
	+10			1687(10)		+1341			74,630
	$Пк1$	6640	5297		+1343				75,804
3	$Пк1$	1021(9)	2138		+1117	-0001	-1116	76,825	75,804
	+40			2017(11)		-1115			74,808
	$Пк2$	5808	6921		+1113				74,688
4	$Пк2$	2034	0625		+1409	-0001	+1410		74,688
	$R_p 2$	6821	5408		+1413	+1411			76,098

**Постраничный контроль:**

	$\sum Z=30454$	$\sum \Pi=28960$		$\sum h_{\text{выч}}=+1494$	$H_{\text{ср}}=+747$	$\sum h_{\text{теор}}=+0,743\text{м}$ $f_{\text{нпр}} = +4\text{мм}$ $f_{\text{н доп}}=\pm 10\sqrt{n}$
	$\sum Z-\sum \Pi/2=+747$			$\sum h_{\text{выч}}/2=+747$		

**Контрольные вопросы по главе 2.2. «Вертикальная съемка»:**

1. Какие геодезические измерения называют нивелированием, и от чего зависит название нивелирование?
2. Что такое горизонт инструмента и для чего его вычисляют?
3. Какие точки называют плюсовыми?
4. Какие точки называют минусовыми?
5. Опишите порядок разбивки пикетажа при продольном нивелировании.
6. В каких случаях и каким методом выполняется продольное нивелирование. Основные требования при производстве продольного нивелирования.
7. Порядок работы на станции и виды контроля при производстве технического нивелирования.
8. Напишите алгоритм обработки журнала технического нивелирования.
9. Напишите алгоритм увязки превышений и вычисления отметок точек.

**Контрольная (самостоятельная) работа для проверки полученных знаний №4****Вариант 1**

1. Метод вперед определения превышений геометрическим нивелированием.
2. Порядок считывания отсчетов на станции.
3. Отсчет по рейке в точке А равен 3344мм, а в точке В 6688мм. Какой метод использован для определения превышения? Возможно ли его вычислить и почему?
4. Вычислить абсолютную отметку точки 2, если абсолютная отметка точки 1 равна 25 м, а превышение между ними - 970 мм?

**Вариант 2**

1. Метод из середины определения превышений геометрическим нивелированием.
2. Разбивка пикетажа при нивелировании трассы.
3. Высота нивелира равна 1245 мм, отсчет по рейке -2478мм, вычислите превышение и опишите технологию метода определения.

4. Можно ли определить абсолютную отметку точки, если горизонт инструмента равен 55,725 м, а отсчет по рейке в точке равен 5478 мм. Объясните почему?

### Вариант 3

1. Работа на станции при техническом нивелировании.
2. Постраничный контроль журнала нивелирования.
3. Определить абсолютную отметку точки, если горизонт инструмента равен 55,725 м, а отсчет по рейке в точке равен 1787 мм.
4. Чему равно превышение между точками, если отсчет по рейке равен 3628 мм, а высота инструмента равна 0963 мм?

## Глава 2.3. Тахеометрическая съемка

### 2.3.1. Тахеометрическая съемка

В результате топографической съемки получают план, на котором с установленной точностью изображается ситуация и рельеф местности. Существуют три метода топографической съемки: *тахеометрическая*, *мензуральная* и *фототопографическая*. Независимо от метода производство съемки состоит из трех основных этапов:

- создание геодезического обоснования;
- выполнение собственно съемки;
- камеральные (вычислительные и графические) работы.

Тахеометрической съемкой называют такой вид съемки, при которой одновременно определяют положение точек земной поверхности по трем измерениям: направлению, расстоянию и высоте (рис. 69). В результате тахеометрической съемки получают план местности с горизонталями.

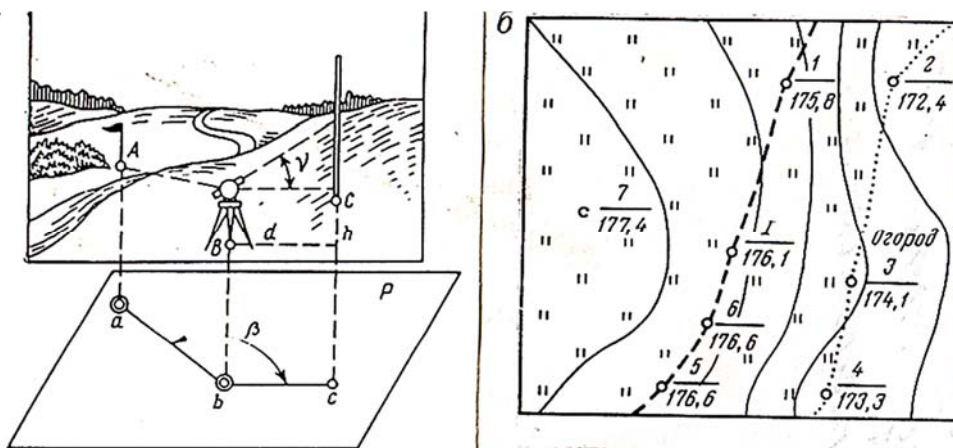


Рисунок 69. Тахеометрическая съемка

Чаще всего в качестве съемочного обоснования используют теодолитные ходы, ходы полигонометрии 4 – класса 1, 2 разряда, которые в

высотном отношении отnivelированы нивелировкой 4-класса или техническим нивелированием. Также можно применять все пункты Государственной Геодезической Сети (ГГС), или Местной сети.

Съемка производится в крупных масштабах (1:500 – 1:5000). Планово-высотным обоснованием при тахеометрической съемке служат *теодолитно - нивелирные, теодолитно - высотные* или *теодолитно - тахеометрические* хода.

Планово-высотные ходы прокладывают как замкнутые, так и разомкнутые, расстояния между станциями тахеометрической съемки не превышают 200-250 м.

В *теодолитно - нивелирных* ходах углы поворота измеряются теодолитом, а расстояния между вершинами углов – при помощи мерной ленты или дальномеров соответствующей точности измерений. Работы при измерении углов и линий выполняются в том же порядке, что и при проложении теодолитных ходов. В результате обработки измерений получают плановые координаты X и Y вершин хода. Абсолютные отметки H вершин хода определяют путем геометрического нивелирования.

В *теодолитно - высотных* ходах в отличие от теодолитно-нивелирных, превышения получают путем тригонометрического нивелирования.

В *теодолитно - тахеометрических* ходах отметки вершин также получают путем тригонометрического нивелирования, а стороны измеряют нитяным дальномером.

Выбор съемочного обоснования диктуется требованием Инструкции. Так, при съемке рельефа с сечением через 2 м и более допускается определять превышения между пунктами тригонометрическим нивелированием, а при съемке рельефа с сечением до 1 м – геометрическим нивелированием.

*Тригонометрическим нивелированием* называется, метод определения превышений точек земной поверхности наклонным лучом визирования. Превышение вычисляют по формуле:

$$h = d \cdot \operatorname{tg} v + i - V.$$

где, **d** – горизонтальное проложение наклонной линии АВ превышение; **v** - угол наклона линии к горизонтальной плоскости; **i**-высота прибора; **V**-высота визирной цели.

Если визировать на высоту инструмента, то формула примет вид:

$$h = d \cdot \operatorname{tg} v, \text{ при } i = V.$$

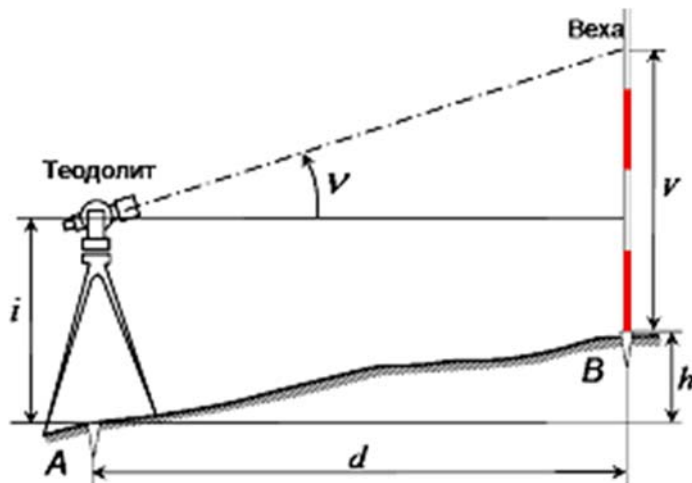


Рисунок 70. Тригонометрическое нивелирование

Съемка контуров и рельефа выполняется с пунктов (станций) съемочного обоснования полярным способом. Точки, на которые реечник устанавливает рейку для съемки подробностей, называют *пикетами*. Если пикет предназначен для съемки контура, он называется *контурным*; если для съемки рельефа – *высотным* (рис. 71); если он совмещает в себе точку контура и характерную точку рельефа, то он называется *высотно-контурным*.

Контурные пикеты назначают на границах ситуации и угодий, учитывают изгибы снимаемых контуров. Съемку контуров ситуации начинают с дальних точек и заканчивают ближними к станции точками. Контурные точки колышками не закрепляют. Количество контурных точек назначают тем больше, чем крупнее масштаб плана, учитывая, что изгибы снимаемых контуров спрямляются, если в заданном масштабе плана они меньше 0,5 мм.

Для съемки рельефа местности, вокруг станции, высотные пикеты назначают во всех характерных точках и линиях рельефа местности: вершинах холмов и подошвах его; мест седловин; водоразделов и мест его перегибов; мест перегибов скатов; тальвегов, бровок и дна котловины, уреза воды водоемов и водотоков и во всех других точках, характеризующих формы рельефа. Количество высотных точек назначают так, чтобы между станциями не оставалось неснятых мест. Наибольшее расстояние между высотными точками зависит от масштаба и высоты сечения рельефа и находится в пределах от 15 до 100 м при масштабах от 1:500 до 1:5000 соответственно.

При тахеометрической съемке на каждой станции составляют схематический чертеж местности – *абрис*. На абрисе показывают все снятые контуры ситуации и рельефа, опорные геодезические точки. Реечные точки заносятся в абрис пронумерованными, в необходимых случаях схематически наносят направления горизонталей. Стрелками на абрисе показывают направление скатов рельефа. Границы угодий изображают пунктиром, а их названия подписывают. Составлять абрис нужно аккуратно и исчерпывающе

по содержанию, так как от его качества зависит правильность изображения на плане ситуации и рельефа местности.

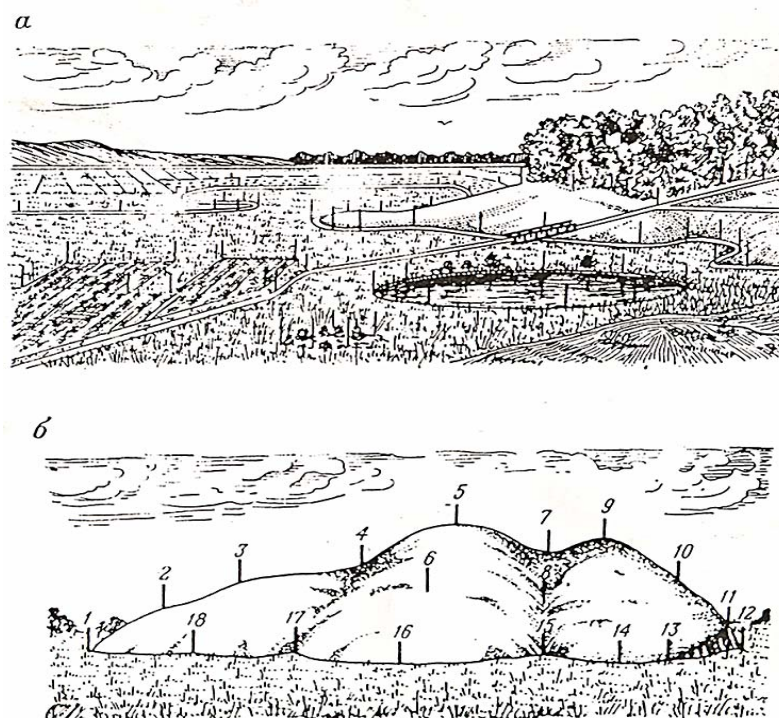


Рисунок 71. Пикеты: а – контурные, б – высотные.

### 2.3.2. Порядок работы на станции при тахеометрической съемке

При производстве тахеометрической съемки хода служащие планово-высотным обоснованием должны опираться на опорные точки с известными координатами и высотами.

Планово-высотное обоснование создают в следующем порядке:

1. *Рекогносцировка местности.*

2. *Проложение теодолитно-тахеометрического хода.*

На каждой станции (вершине) теодолитно- тахеометрического хода:

- Измеряют высоту прибора  $i$ ;
- Измеряют горизонтальный угол полным приемом (при КП и КЛ);
- Измеряют вертикальный угол полным приемом (при КП и КЛ);
- Измеряют сторону хода в прямом и обратном направлении (расхождение между измерениями должны быть не более 1:300).

Съемка ситуации и рельефа производится с точек планово-высотного обоснования в следующем порядке:

а) Тахеометр приводят в рабочее положение (центрируют, горизонтируют) установив его в точке геодезической сети.

б) Измеряют высоту прибора  $i$  с помощью рейки или рулетки (от верха колышка до центра горизонтальной оси трубы) и отмечают ее тесьмой на рейке.

в) Определяют МО (место нуля) – отсчет по вертикальному кругу, соответствующий горизонтальному положению визирной оси трубы.

г) Ориентируют лимб по начальному направлению на опорный пункт. Для этого нуль алидады совмещают с нулем лимба и наводят движением лимба визирную ось зрительной трубы на начальный опорный пункт.

д) Составляют абрис – зарисовку ситуации и рельефа, снимаемых с данной станции.

е) Намечают маршрут реечника.

ж) Открепляют алидаду и визируют на первую реечную точку, наводя вертикальную нить сетки нитей зрительной трубы на середину рейки, а среднюю горизонтальную нить трубы на отсчет равный высоте прибора (на тесьму), либо, если этому что-либо препятствует, наверх рейки.

з) Записывают в журнал номер реечной точки, высоту наведения на рейку и отсчет по нитяному дальномеру.

и) Наблюдатель дает реечнику команду перейти на следующую реечную точку, а сам выполняет отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам.

к) Открепляют алидаду, визируют на вторую реечную точку, повторяя те же действия (ж, з, и).

л) Для контроля ориентирования теодолита на станции снова визируют на начальный опорный пункт, и если отсчет по горизонтальному кругу не отличается от  $0^{\circ}00'$  более чем на  $\pm 2-3'$ , работу на станции считают законченной.

м) Переходят на следующую станцию и работу начинают также, как на предыдущей, лимб ориентируют на предыдущую точку и съемку ведут аналогично.

*Примечание. Наблюдение на станции при съемке ситуации и рельефа ведутся при одном круге (либо при КЛ, либо КП).*

Начинают обработку с проверки записей в журнале тахеометрической съемки и правильности составления абриса.

Последовательность обработки журнала:

1. Углы наклона вычисляют по формулам:

$v = \text{КЛ} - \text{МО}$ ,  $v = \text{МО} - \text{КП} - 180^{\circ}$  (при работе с теодолитом ТЗ0);

$v = \text{КП} - \text{МО}$ ,  $v = \text{МО} - \text{КЛ}$  (при работе теодолитом ТТ5).

2. Горизонтальное проложение вычисляют в тех случаях, когда угол наклона равен или больше  $3^{\circ}$ . Определяют горизонтальные проложения от станции до реечных точек пользуясь тахеометрическими таблицами А.С.Никулина.

3. По углам наклона и наклонному расстоянию по тахеометрическим таблицам выбирают значение превышений для каждой пикетной точки. Знак превышения равен знаку угла наклона на соответствующую пикетную точку.

4. Высоты реечных точек  $H_n$  вычисляют по формуле:

$$H_n = H_{ст} + h_n,$$

где  $H_{ст}$  – отметка станции, с которой снята данная точка;  $h_n$  – превышение точки  $n$  над станцией.



## Практическое задание 10. Обработка результатов наблюдений на станции тахеометрической съемки, построение плана.

### Порядок выполнения работы:

1. Занести данные с карточек индивидуального задания в журнал тахеометрической съемки (см. табл. 13):

- а) номера пикетных точек;
- б) дальномерные расстояние в метрах;
- в) отсчеты по вертикальному кругу, взятые при положении КЛ;
- г) отсчеты по горизонтальному кругу;
- д) значение  $MO = +0\ 01$  ;
- е) отметку станции;
- ж) исходный дирекционный угол.

2. Вычислить угол наклона между станцией и каждой пикетной точкой по формуле:

$$= \text{КЛ} - \text{МО}, \text{ если } \text{КЛ} < 0^\circ$$

$$\text{и } = \text{КЛ} - \text{МО} - 360^\circ, \text{ если } \text{КЛ} > 360^\circ$$

значение угла наклона записывают в графу 6

В нашем пример: если  $\text{КЛ} = 0^\circ 13'$  ,  $\text{МО} = +0^\circ 01$  ,

то  $= \text{КЛ} - \text{МО} = 0^\circ 13' - 0^\circ 01' = 0^\circ 12'$  ;

если  $\text{КЛ} = 359^\circ 28'$  ,  $\text{МО} = +0^\circ 01$  ,

то  $= \text{КЛ} - \text{МО} - 360 = 359\ 28 - 0\ 01 - 360 = -0\ 33$  и т.д.

3. Превышение речных точек выбирают из тахеометрических таблиц для каждой пикетной точки по дальномерному расстоянию, и углу наклона. Знак превышения соответствует знаку угла наклона, значений превышений записывают в соответствующую 7 графу журнала.

4. Отметки пикетных точек вычисляют по формуле:

$$\text{Нпк} = \text{Нст} + h_{\text{ст-пк}},$$

где  $\text{Нпк}$  - отметка пикетной точки,  $\text{Нст}$  - отметка станции,

$h_{\text{ст-пк}}$  - превышение пикета над станцией.

На примере:

$$\text{Нпк}_1 = 189.23 + (-0,91) = 188,32\text{м.}$$

Для остальных пикетов вычисления выполняют аналогично.

5. Выполняют зарисовку абриса местности.

Таблица 13 . Журнал тахеометрической съемки

Стоянка 2 станция «10» апреля 2014г  $MO = (\text{КП} + \text{КЛ})/2 = +0^\circ 01'$  Высота прибора  $i = 1.36$

Ориентир 1 станция  $\text{Нст} = 189.23\text{м}$  Кр. КП

№ точки наб.	Расстоян. по рейке	Высота наведения	Отсчет по горизонтальному кругу	Отсчет по вертикальному кругу	Угол наклона	Превышения по таблице	Абсолют. отметки	Абрис
Ст1			0° 00'					

1	95	1,36	2 05	359°28'	-0°33'	-0,91	188,32
2	169	-	23 45	0 13	+0 12	+0,59	189,82
3	205	-	50 37	359 39	-0 22	-1,31	187,92
4	124	-	73 25	358 59	-1 02	-2,23	187,00
5	103	-	157 26	1 12	+1 11	+2,13	191,36
6	73	-	268 32	1 07	+1 06	+1,40	190,63
7	210	-	314 56	359 20	-0 41	-2,50	186,73
8	211	-	324 35	358 35	-1 26	-5,28	183,95
9	187	-	341 50	1 12	1 11	+3,86	193,09
Ст1			0° 00'				

### Построение плана тахеометрической съемки

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Построить сетку координат масштаба 1:2000 (10x10см) и оцифровать ее.

2. Нанести на план по координатам станцию с которой велась съемка.

3. Нанести начальное направление по заданному дирекционному углу. Для этого центр транспортира совмещают со станцией 2 (1), а нулевое деление транспортира с направлением осевого меридиана (параллельно оси X) и отмечают значение дирекционного угла исходного направления и вычерчивают его.

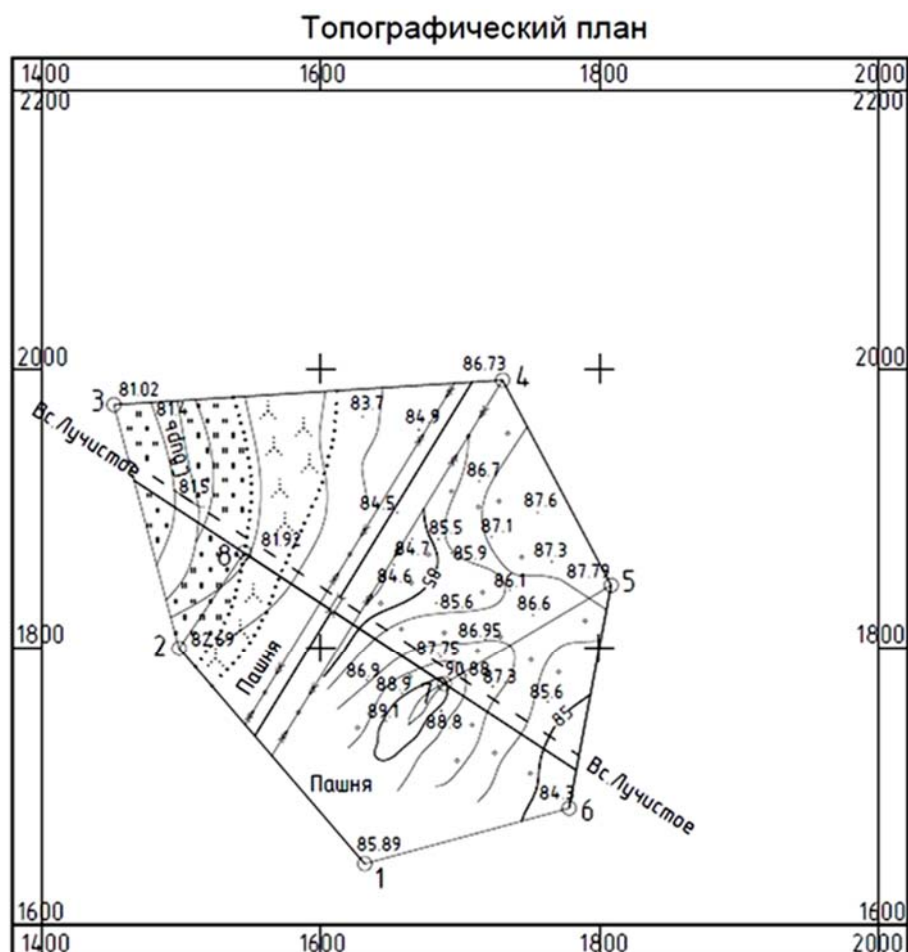
4. По горизонтальным углам и дальномерным расстояниям (способом полярных координат) наносят все пикетные точки, положение их на плане сверяют с абрисом. Для этого центр транспортира совмещают с точкой (ст.2/1), а нулевое деление транспортира с начальным направлением линии (2-1). Отмечают величину горизонтального угла и откладывают по линейке расстояние до пикетной точки в масштабе плана.

5. Каждую пикетную точку подписывают в виде дроби: числитель - номер пикетной точки, а знаменатель - отметка пикетной точки, округленная до сантиметров.

6. По нанесенным на план пикетным точкам, пользуясь абрисом, наносят контуры ситуации местности.

7. По отметкам пикетных точек производят построение горизонталей способом графической интерполяции.

8. Оформляют план в соответствии, с "Условными знаками для топографических планов масштабов 1:5000-1: 500".



1:2000

Сечение рельефа через 1 м.

Проверил:   Выполнил:

Рисунок 71. Построение и оформление плана тахеометрической съемки

### Контрольные вопросы по главе 2.3.

1. В чем сущность тахеометрической съемки? Ее отличие от теодолитной?
2. От чего зависит выбор планово – высотного обоснования при тахеометрической съемке?
3. В чем суть метода тригонометрического нивелирования?
4. Опишите порядок съемки ситуации и рельефа при тахеометрической съемке.
5. В чем состоит обработка полевых материалов тахеометрической съемки?
6. Опишите порядок работы при составлении плана по результатам тахеометрической съемки.

### Контрольная (самостоятельная) работа для проверки полученных знаний №5

Вариант 1

1. Топографическая съемка.

2. Теодолитно – тахеометрические хода.
3. Метод съемки ситуации и рельефа при тахеометрической съемке.
4. Определите превышение реечных точек, если известны дальномерные расстояния 102.23 м и углы наклона  $1^{\circ}26'$ .

#### Вариант 2

1. Тахеометрическая съемка.
2. Теодолитно – нивелирные хода.
3. Тригонометрическое нивелирование.
4. Определите абсолютную отметку точки, если превышение между точками -23,68 м.

#### Вариант 3

1. Теодолитно – высотные хода.
2. От чего зависит выбор планово – высотное обоснования при тахеометрической съемке.
3. Как называются точки для определения ситуации и рельефа в тахеометрической съемке.
4. Вычислить угол наклона, если известны место нуля  $+0^{\circ}02'$  и отсчет по вертикальному кругу составляет  $360^{\circ}59'$ .

### Раздел 3. Геодезическая практика

Завершающим этапом изучения геодезии является – полевая учебная практика. Значение учебной практики для учащихся огромно: она расширяет, углубляет и закрепляет теоретические знания, учит самостоятельно выполнять топографические и геодезические работы, дополняет знания по кругу вопросов, которые трудно изучать в стенах колледжа, приучает к режиму рабочего дня в полевых условиях, к трудовой дисциплине.

Задача предлагаемого пособия – научить учащихся правильно обращаться с геодезическими инструментами и мерными приборами; самостоятельно выполнять полевые топографо-геодезические работы; соблюдать определенную последовательность и точность выполнения работ; привить производственные приемы и навыки.

Цели и задачи летней учебной практики едины. С первых же шагов надо научиться уважать и соблюдать требования инструкций и наставлений. Требования действующих инструкций и наставлений должны быть понятны, обоснованы и увязаны с теоретическим курсом.

Любое нарушение инструкций и наставлений в допусках и технологии недопустимо на учебной практике так же, как и в производстве.

Записи в полевых журналах, материалах поверок и вычислений должны быть подлинными. Записей на бумажках, на черновиках с последующей перепиской набело не должно быть. С первых шагов надо

приучать учащихся всякую рабочую запись делать ответственно и аккуратно. Учащийся должен приучиться к аккуратности и хорошей графике и усвоить раз и навсегда, что переписанный журнал – брак, переписанные материалы (исследований, вычислений и др.) ценности не имеют. В производстве не переписывают.

Задача практики – научить самостоятельно и правильно выполнять топографо-геодезические работы. Это не только приобретение навыков в отсчитывании при работе с геодезическими инструментами. Необходимо, чтобы учащиеся представили себе весь процесс данной работы, поняли важность соблюдения определенной последовательности при выполнении каждого процесса работ, знали, какими методами достигается определенная точность и выполняется требуемый контроль. Учащиеся должны усвоить правильную технологию работ, научиться производственным приемам и навыкам.

За время практики учащиеся должны научиться обращаться с инструментами: носить, устанавливать; выбирать места для постановки реек, ставить и держать их; вести записи в журналах и быстро производить в них нужные вычисления; правильно распределять работу по времени и обязанности между членами бригады.

Работы должны выполняться так, как предусмотрено технологией.

## **Глава 3.1. Подготовительный период**

### **3.1.1. Общие требования и технология выполнения работ**

На каждом виде работ учащийся должен научиться выполнять отдельные процессы, для чего при выдаче заданий производится распределение работ внутри бригады. Все члены бригады должны знать, кто на какой секции, участке хода, пункте, площади работает наблюдателем, помощником, реечником, мерщиком.

Распределение работы внутри бригады, на каждом виде работ записывается бригадой и строго соблюдается, а выполнение проверяется при контроле работ в поле и их приемке от бригады. При серьезном отношении к учебной практике учащиеся строго выдерживают намеченное распределение.

Все вычисления в полевых журналах нужно производить в уме и быстро, не задерживая наблюдателя. Это невыполнимо без знания правил устного и парного счета.

Учиться производственным навыкам надо начинать во время проверок инструментов, продолжать при выполнении тренировочных работ, систематически и настойчиво осваивать в процессе полевых работ и обработки материалов.

## Полевая документация и ее ведение

К полевым документам относятся материалы проверок и журналы измерений.

Полевые документы должны быть подлинными, выполнены аккуратно и четко. Четкость ведения записей и зарисовок в полевых документах достигается следующим образом:

1) Цифры пишутся разборчиво, легко читаемо, красиво; нельзя писать скорописью, надо выработать почерк или пользоваться специальным шрифтом;

2) Числа в столбцах надо записывать так, чтобы цифры соответствующих разрядов были под цифрами тех же разрядов в записанном выше числе;

3) Все результаты измерений, произведенные с одинаковой точностью, пишутся с одинаковым числом знаков, например: если длины линий измеряют с точностью до 0,01 м, то записи их длин должны быть 248,60 м, а не 248,6 м; если углы измеряют с точностью 0,1', то записи их величин должны быть 75°16,0', а не 75°16';

4) Значение минут и секунд всегда записывают двузначным числом, например, 102°06', а не 102°6'.

Особые требования предъявляются к подлинности документов. Все полевые записи, касается ли это проверок или полевых измерений, должны производиться сразу начисто. Записи на отдельных бумажках промежуточных действий с последующим внесением или переписыванием в журнал или бланк *категорически запрещено*.

Нельзя также в полевой документации делать какие-либо подчистки (резинкой или бритвой), исправления цифр, писать цифру по цифре.

Все полевые записи можно разделить на записи отсчетов и вычисления. Требования к записям отсчетов и вычислений различные. Если отсчеты записаны ошибочно, то исправлений не должно быть даже в том случае, если это описка помощника. Во всех случаях описки, ошибочной или неверной записи одной из цифр при измерениях последние переделывают заново с пометкой «пов» или «bis», что значит повторный. Прием, в котором обнаружена ошибка или описка, зачеркивают аккуратно по линейке и указывают причины вычеркивания. Например: «описка помощника», «недопустимое расхождение» и т.д.

Если ошибочны вычисления, то неверные результаты разрешается зачеркивать аккуратно по линейке одной чертой, а правильные результаты записывать на свободном месте выше или ниже зачеркнутых.

Для каждого вида работ имеются полевые журналы установленной формы. Полевые журналы подлежат строгому учету и хранению. В каждом журнале обязательно, записывают все данные, указанные в заглавном листе, заполняют сведения и описание инструментов, формулы, по которым производились вычисления, оглавления, вычерчивают схемы ходов. Результаты измерений записывают в журнал ручкой синего цвета.

Записи в журналах необходимо вести четким почерком, аккуратно, не допуская неясных, трудночитаемых, мало разборчивых цифр или букв. Буквы надо писать так же внимательно и отчетливо, как и цифры. Исправление и подчистка записей отсчетов, и подчистка записей вычислений в журналах категорически запрещены.

Любые измерения, с какой бы точностью они не были выполнены, содержат неизбежные ошибки. Поэтому результаты измерений лишь приближенно представляют значения измеренных величин. Значит, необходимо знать, с какой точностью надо производить вычисления в журналах (до каких знаков производить округления). Нельзя оставлять лишние знаки, но всегда нужно сохранять необходимые.

Длины линий в теодолитном ходе измеряют рулеткой или стальной мерной лентой до 0,01 м. Значения углов или направлений в отдельных приемах или полуприемах при проложении теодолитных ходов до 1', средние из приемов – до 0,1'.

### **Обработка и оформление материалов**

Полевые измерения не дают еще окончательных результатов высот и координат пунктов. Кроме того, несмотря на достаточное число промежуточных контролей (на штативе, в приеме, между приемами и т.д.), окончательную оценку исполненной работы можно производить только по результатам сравнения измерений с итоговыми допусками. Качество линий нивелирования и теодолитных ходов оценивают по невязкам ходов или полигонов. Значит, кроме полевых измерений, надо еще произвести вычисления – обработку материала.

Задача обработки заключается в том, что бы ввести в измерения соответствующие поправки (за длины лент, за углы наклона и т. д.), выполнить вычисления для получения координат и высот и сделать оценку точности произведенных измерений.

Вычисления производят на специальных бланках или на вычислительной бумаге. Выполняют их только ручкой. Все вычисления со всеми промежуточными результатами должны быть записаны в соответствующих местах. Выполнять вычисления, хотя бы промежуточные, на отдельных бумажках с выпиской только результатов не разрешается: их следует производить сразу начисто. Переписка вычислений допускается только по особому распоряжению руководителя практики, с обязательной последующей считкой переписанных материалов с подлинными. Считанный экземпляр подписывается лицами, которые производили считку.

Ошибочные записи при вычислениях не зачеркивают, а снимают лезвием, и по вычищенному месту производят правильные записи.

Наряду с обработкой материала его оформляют и систематизируют, вычерчивают схемы ходов. Наблюдения и вычисления по каждому виду сшивают вместе с отчетом по практике и вписывают в оглавление.

## **Правила техники безопасности**

Все лица занимающиеся топографо-геодезическими работами в полевых условиях обязаны соблюдать следующие правила по технике безопасности:

1. В солнечную погоду работать в головном уборе.
2. Не разрешается садиться на сырую землю и трубы.
3. Запрещается пить сырую воду.
4. Запрещается работать и передвигаться босиком.
5. Запрещается топтать и портить посевы, зеленые насаждения, заборы и т.п., оставлять забитые колья выше поверхности земли.
6. При работе вдоль дороги запрещается размещать инструменты и рабочих на проезжей части дороги.
7. Нивелирные рейки следует переносить в вертикальном положении, а штативы в собранном виде на плече ножками вниз и вперед.
8. Весь комплект используемого оборудования должен быть исправен.
9. Запрещается оставлять геодезические приборы без надзора.

## **Порядок приемки выполненных работ**

Приемка и контроль работ осуществляются в процессе обучения и выполнения каждого вида работ (во время проверок инструментов, тренировочных измерений и наблюдений, а также при выполнении самого задания). Выполненная работа (или ее часть), не соответствующая требованиям действующих инструкций, наставлений, допусков, с нарушением технологии, подлежит переделке.

Когда один из очередных процессов работ полностью закончен, материал обработан, вычислен и оформлен, производится завершающая приемка, которую осуществляет бригадир.

Он проверяет содержание, правильность и полноту оформления материала, качество исполнения и обработки.

После этого бригада в полном составе сдает работу руководителю практики. Руководитель практики принимает материал и задает каждому учащемуся 2-4 вопроса с целью выяснить:

- а) полноту и глубину освоения учащимся данного вида работ;
- б) понимание учащимся места данного вида работ в топографо-геодезическом производстве;
- в) связь теоретического курса с практической работой и предъявляемыми инструкцией требованиями и допусками.

В результате приемки учащийся получает три оценки: за полевую работу; за обработку, вычисления и оформление материалов; за ответы при сдаче материалов. На основании этих оценок выводится оценка по данному процессу. Оценка за учебную практику выводится как средняя из оценок, полученных по отдельным видам работ [9;10].



## Глава 3.2. Полевые работы

### 3.2.1. Теодолитные работы

#### Инструменты и их общий осмотр

Получая инструменты, нужно произвести общий осмотр, чтобы установить исправность и пригодность их к работе. Если обнаруживаются дефекты, нужно их устранять.

Оптика теодолитов должна быть чистой; изображения в зрительной трубе – хорошего качества, контрастные; вращение вертикальных и горизонтальных осей – свободное, плавное; изображение шкал, индекса, штрихов горизонтального и вертикального кругов – достаточно четкие, хорошего качества; все подъемные, исправительные, микрометрические и зажимные винты – исправны; подъемные винты при укреплении теодолита на штативе не должны иметь люфта или качки.

Ножки штатива должны быть без люфта связаны со столиком и башмаками. Жесткость крепления штатива регулируются затягиванием болтов ключом.

Ленты стальные, рулетки должны быть сплошными, без разрывов.

Шпильки должны быть хорошо заострены; диаметр их должен быть равен ширине вырезов на концах ленты.

Для выполнения задания бригада должна получить имущество, перечисленное в табл. 14.

Таблица 14. Перечень имущества

№ п/п	Инструменты	Количество	Примечание
1.	Теодолиты	1	На бригаду (4-6 человек) – инструмент
2.	Штатив к теодолиту	1	-"
3.	Отвес	1	-"
4.	Рулетка 100м	1	-"
5.	Вешки раскрашенные	2	Вехи собственного изготовления

#### Поверки теодолита

При получении инструментов нужно ознакомиться с правильной их укладкой в футляр и изучить способы закрепления теодолита зажимными приспособлениями. При вынимании или укладке теодолита футляр должен быть расположен основанием вниз.

Перед началом работ производят поверку теодолита (смотри 1.2.2. Угловые измерения). Поверки выполняет каждый член бригады: одни – как

необходимые, другие – как контрольные. Поверки записывают в журнал поверок ручкой.

Таблица 15. Журнал поверок

Дата 28 апреля 2014 г. Погода ясно Видимость четкая

**Определение коллимационной ошибки Определение МО (места нуля)**

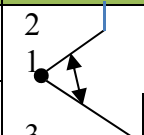
точка стояния	положение верт. круга	точка наведения	Отсчеты по горизонтальному кругу		Коллимационная ошибка $C=(КЛ - КП \pm 180^\circ):2$
			о	'	
1	КЛ	2	79	16	$C = - 0^\circ 01'$
	КП	2	259	18	

точка стояния	положение верт. круга	точка наведения	Отсчеты по вертикальному кругу		МО $МО = (КЛ + КП):2$
			о	'	
1	КЛ	2	-1	10	$МО = +0^\circ 01'$
	КП	2	+1	12	

Закончив поверки теодолита, бригады выполняют тренировочные наблюдения, во время которых отрабатывают центрирование инструмента, методику измерения углов полным приемом, ориентирование теодолита по магнитному меридиану, методику измерения вертикальных углов, вычисления в журналах, правила переделок, допуски и пр.

Тренировочные наблюдения записывают ручкой в журнале поверок (см.табл.16).

Таблица 16. Журнал измерения горизонтального угла

№ точки стояния	Положен. верт.круг	№ точки наведения	Отсчеты по горизонтальному кругу		Углы из полуприемов	Среднее из углов	А Б Р И С
			о	'			
1	КП	2	12	45	$84^\circ 48'$	$84^\circ 48,5'$	
		3	97	33			
	КЛ	2	106	14	$84^\circ 49'$		
		3	191	03			

**Рекогносцировка и закрепление точек хода**

Рекогносцировку и закрепление точек хода производят одновременно. Во время рекогносцировки простым карандашом в одном из журналов последующих измерений составляют ориентированную по странам света схему хода. Масштаб схемы произвольный и непостоянный (длины линий откладывают на глаз). Но схема должна быть максимально подобной действительному ходу и иметь четкую нумерацию точек.

Точки хода выбирают, руководствуясь следующими требованиями:

Хорошая взаимная видимость между соседними пунктами(вершинами) планового обоснования;

Пункты обоснования должны обеспечивать хороший обзор местности для теодолитной съемки;

Количество пунктов и их взаимное расположение выбирают с таким расчетом, чтобы с этих пунктов можно было снять полностью весь участок подлежащий съемке. При съемке подробностей расстояние от пункта планового обоснования до снимаемой точки не должно превышать 100 м;

Удобство установки инструмента;

Удобство для линейных измерений;

Расстояние между соседними пунктами должно быть не более 350 м и не менее 50 м.

Пункты закрепляются на местности предварительно заготовленными деревянными колышками длиной 15-20 см (см. рис.72).

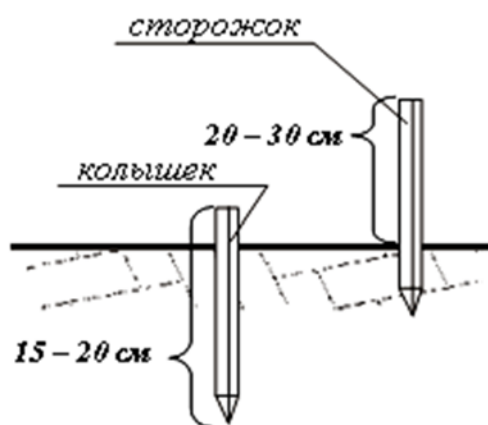


Рисунок 72. Закрепление временными точками

Колышек будет являться носителем координат, его забивают вровень с землей, оставляя не более 1-2 см над поверхностью. В центре колышка забивают маленький гвоздик, над которым в дальнейшем будет центрироваться теодолит.

Для отыскания точек теодолитного хода их можно окапывать канавкой глубиной 25-30 см. Форму канавок можно для каждой бригады выбрать произвольно (треугольником, четырехугольником, прямым углом).

Горизонтальные и вертикальные углы измеряют на выставленные рядом с колышками вехи; их нужно ставить всегда в одно и то же место, обычно за колышком относительно предшествующей линии хода.

### Линейные измерения

На точность измерения линии лентой или рулеткой влияют: неровности местности и характер грунта, наклоны местности, несоответствие длины измерительного прибора, неточное укладывание ленты в створе измеряемой линии, изменение температуры, неравномерность натяжения измерительного прибора, прогибы из-за неровности местности, установка шпилек.

За наклоны местности, когда они превышают  $2^\circ$ , вводят поправки. Для этого измеряют углы наклона линий или их частей. Точность измерения углов наклона должна быть тем больше, чем больше угол наклона и длиннее линия.

Длину ленты нужно установить компарированием. За несоответствие длины ленты в результате измерений каждой линии вводят поправку. Если поправка в длину ленты менее 2 мм, то ее можно не учитывать.

Неточное укладывание ленты в створе измеряемой линии может вызвать большую ошибку в длине. Отклонение от створа не влияет на точность измерения, если не превышает 30 см. Такое отклонение от створа нетрудно обнаружить на глаз и не допускать при измерениях.

Изменение натяжения ленты дает малые ошибки. Прогибы ленты из-за неровности местности не должны превышать 14 см.

Шпильки нужно устанавливать аккуратно, отвесно и достаточно крепко.

Точность измерения линий по земле характеризуется следующими предельными относительными ошибками:

1:3000 при благоприятных условиях (местность ровная с плотным грунтом),

1:2000 при средних условиях (местность всхолмленная, грунт более слабый),

1:1000 при неблагоприятных условиях (местность пересеченная, грунт слабый – песок, болото, пашня, местность покрытая кочками, кустарником и т.д.).

При измерении лентой в прямом  $D_1$  и обратном  $D_2$  направлениях контролем служит относительная ошибка  $\Delta D/D$ , которая не должна быть больше установленного выше допуска для соответствующих условий местности.

Здесь:

$$\Delta D = D_1 - D_2; D = \frac{D_1 + D_2}{2}.$$

*Порядок измерения линий.* Перед измерением линий на ней надо устранить все препятствия, мешающие измерению (скосить или примять высокую траву, отогнуть кусты, убрать камни и т.п.).

Каждую линию измеряют для контроля дважды: в прямом и обратном направлениях (рис.73).

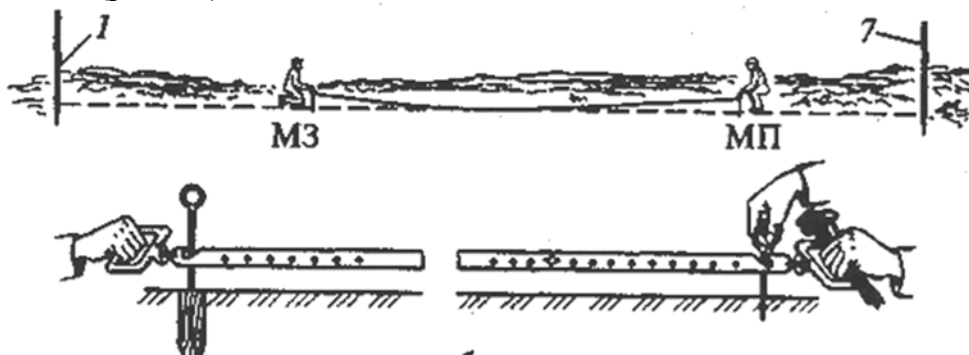


Рисунок 73. Измерение линий

Измерения выполняют два мерщика в следующем порядке:

1. Передний мерщик берет в левую руку 10 шпилек и ручку конца ленты, продвигаясь вперед по линии.

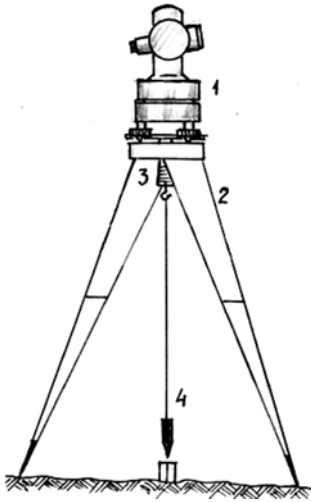


Рисунок 74.  
Центрирование теодолита  
над точкой

2. Задний мерщик совмещает штрих ленты с началом измеряемой линии, задерживая ее конец ногой, и дает указания переднему мерщику для укладки ленты в створе измеряемой линии.

3. Передний мерщик, проверив и убедившись, что лента не перекручена, встряхивает, натягивает, кладет ее на землю и, выдернув правой рукой шпильку, втыкает ее в землю через вырез в конце ленты. Установив шпильку вертикально и достаточно устойчиво, он дает команду «готово», после чего оба идут вперед, держась в створе линии. В случае твердого грунта (мостовая, асфальт) отмечают положение ленты (штрих) мягким карандашом, а шпильку кладут рядом.

4. Дойдя до шпильки, задний мерщик подает команду «стоп». Вырезом ленты захватывает шпильку и, наступив на ручку ленты ногой, вновь выставляет переднего мерщика, выравнивая ленту в створе линии.

5. После команды переднего мерщика «готово», задний вынимает из земли первую шпильку и оба идут вперед.

6. У конца линии передний мерщик протягивает ленту за веху так, чтобы задний мог совместить ее начало с последней воткнутой шпилькой. Затем, оставив конец ленты, возвращается к вехе и, натянув ленту, отсчитывает остаток (целые метры, дециметры и сантиметры, оценивая последние на глаз). При отсчете остатка нужно быть очень внимательным.

7. Задний мерщик считает и записывает число шпилек, принимая во внимание и последнюю, воткнутую в землю. Свой подсчет он проверяет количеством шпилек, оставшихся у переднего мерщика. Он же и записывает остаток, отсчитанный передним мерщиком.

8. Длину измеренной линии определяют по формуле:

$$D = d \cdot n + r,$$

где,  $d$  – длина ленты (рулетки),  $n$  – количество уложений ленты (рулетки),  $r$  – длина остатка (домер) в конце линии.

### Измерение горизонтальных углов

Горизонтальные углы измеряют проверенным и отъюстированным теодолитом способом приемов, когда на точке только два направления.

Для измерения горизонтальных углов теодолит приводят в рабочее положение: центрируют, горизонтируют и устанавливают прибор по глазу и по предмету.

Центрирование теодолита на вершинах теодолитного хода производят над центром колышка, которым закреплена точка с точностью не более  $\pm 5$  мм (рис. 74).

Вначале центрирование производят грубо: при помощи ножек штатива, следя за тем, чтобы головка штатива при этом оставалась в горизонтальном положении, а затем более точно – перемещением теодолита по головке штатива.

Горизонтирование производят посредством выполнения поверки 1. Теодолит можно считать отгоризонтированным, если при любом повороте верхней части теодолита пузырек уровня отклоняется от нуля - пункта не более чем на одно деление ампулы.

Установка зрительной трубы складывается из установки ее «по глазу» (вращая диоптрийное кольцо, добиваются четкого изображения сетки нитей), и по предмету (вращением кремальеры добиваются четкого изображения цели).

Способ приемов. Устанавливают теодолит в вершине измеряемого угла, а на предыдущем и последующем пунктах устанавливают вехи позади колышков.

Измерение угла способом приемов производят в такой последовательности:

1. Закрепляют лимб, открепляют алидаду и наводят трубу на нижнюю часть задней вехи с помощью визирного целика.

2. Зажимают закрепительные винты трубы и алидады и микрометренными винтами крест сетки нитей точно наводят на видимую нижнюю часть вехи.

3. Производят и записывают отсчет по шкале горизонтального круга.

4. Ослабив закрепительные винты алидады и трубы, наводят трубу на переднюю веху и зажав закрепительные винты трубы и алидады микрометренными винтами крест сетки нитей точно наводят на видимую нижнюю часть вехи.

5. Производят и записывают отсчет по шкале горизонтального круга.

6. Вычисляют угол по формуле:

$$\beta = \alpha_{п} - \alpha_{з},$$

где  $\alpha_{п}$  - отсчет на переднюю точку,  $\alpha_{з}$  - отсчет на заднюю точку.

7. Ослабив закрепительный винт алидады, поворачивают теодолит примерно на  $90^\circ$  и закрепляют в этом же положении.

8. Переводят трубу через зенит, открепляют лимб и движением лимба наводят на заднюю точку и повторяют все описанные действия в том же порядке при другом положении круга.

9. Вычисляют среднее значение из углов, полученных из полуприемов.

Результаты измерений записывают в журнал теодолитной съемки см.табл.17.

Таблица 17. Журнал теодолитной съемки

Дата 05.07.09 г.  
Погода Солнечная

Инструменты 2Т30  
Исполнитель Иванов И.И.

Точки		Отсчеты по горизонтальному кругу		Угол		Среднее из углов		Длина пинии	Угол наклона
стоя-ния	визирова-ния	о	г	о	г	о	г	метры	градусы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	V	201	42					I - II	5
	П	108	44	92	58	92	57,5	161,68	
	V	18	23	92	57			<u>161,59</u>	
	П	285	26					среднее: 161,61	
II	I	89	19					II - III	3
	III	316	55	132	24	132	24,5	156,88	
	I	226	33	132	25			156,84	
	III	94	08						
III	П	140	58					III - IV	0
	IV	46	01	94	57	94	57	196,54	
	П	316	26	286	57			196,46	
	IV	221	29						
IV	III	311	46					IV - V	0
	V	215	17	96	29	96	30	175,62	
	III	125	35	96	31			175,58	
	V	29	04						
V	IV	355	58					V - I	4
	I	232	46	123	12	123	12	157,10	
	IV	142	24	123	12			157,06	
	I	19	12						

### Измерение вертикальных углов

Вертикальные углы измеряют полным приемом при двух положениях круга в следующем порядке:

1. Открепляют закрепительные винты трубы, и алидады наводят трубу на визирную цель при помощи визирного целика и выполняют грубое наведение на высоту прибора.

2. Убедившись в том, что визирная цель находится в поле зрения трубы, закрепляют трубу и алидаду и с помощью микрометрических винтов выполняют точное наведение (на высоту прибора).

3. Берут отсчет по вертикальному кругу при положении трубы теодолита «круг право»(КП), результат записывают в журнал.

4. Переводят трубу через зенит и повторяют действия пунктов 1-3.

5. Вычисляют место нуля (МО) по формуле:

$$MO = (KP + KL) : 2$$

6. Вычисляют значение вертикального угла по формуле:

$$U = KL - MO$$

*Примечание.* МО должно быть постоянным в пределах двойной точности счетного устройства.

### Съемка ситуации

Съемка ситуации проводится с вершин теодолитного хода. Она заключается в измерениях, определяющих положение каждого контура и всех других точек ситуации, которые в соответствии с масштабом и заданием должны быть изображены на плане. Положение точек местности определяют методами перпендикуляров, линейных и угловых засечек и полярных координат.

Результаты измерений выполненных при съемке ситуации заносят в абрис, выполняемый на правой стороне полевого журнала теодолитной съемки. Абрис выполняют от руки карандашом в произвольном крупном масштабе (соизмеримо). Абрис ориентируют по странам света на глаз.

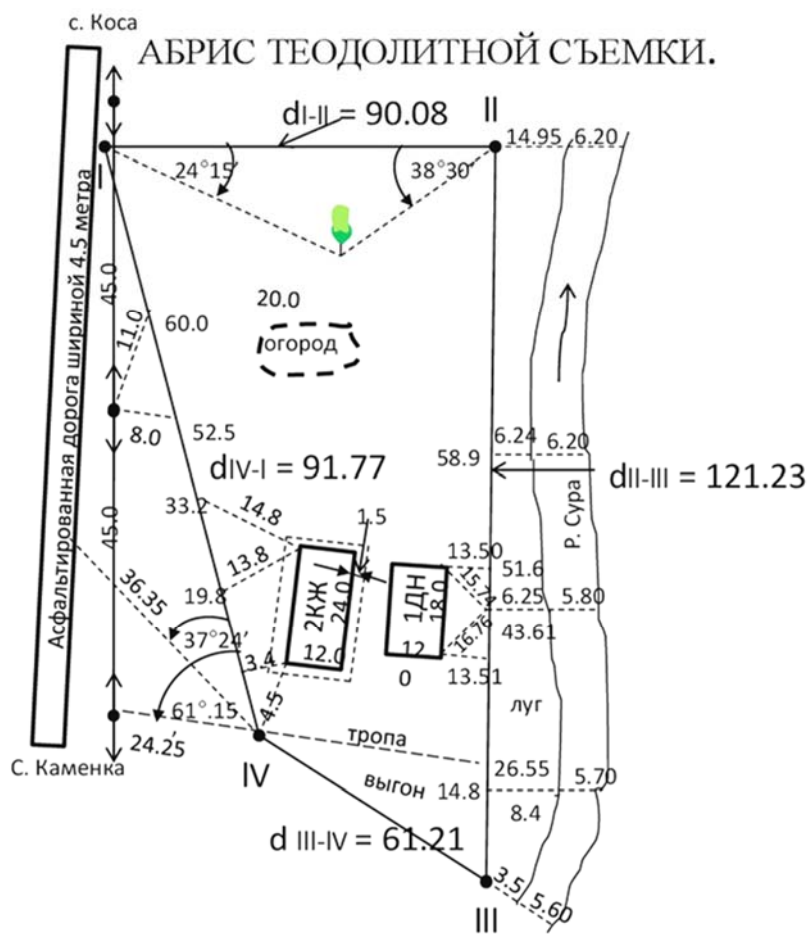


Рисунок 75. Абрис

### 3.2.2. Нивелирование Инструменты и их общий осмотр

*Классификация и устройства нивелиров.* Нивелиры делятся по точности на 3 группы:

– *высокоточные* – предназначены для нивелирования I–го и II–классов, позволяющие определять превышения со средней квадратичной погрешностью (СКП) не более 0.5–1 мм на 1 км хода;

– *точные* – предназначены для нивелирования III и IV классов с СКП не более 5–10 мм на 1 км хода;

– *технические* – предназначены для инженерно–технических работ, позволяющих определять превышение с СКП не более 10 мм на 1 км хода. Для технических работ допустимая СКП 15–50 мм на 1 км хода.

По конструкции нивелиры делятся на 3 группы:

- нивелиры с цилиндрическим уровнем;
- нивелиры с компенсатором;
- нивелиры с наклонным лучом визирования.



### ***Нивелир с цилиндрическим уровнем (на примере Н - 3)***

Основными частями является зрительная труба 7 с укрепленными на ней цилиндрическим контактным уровнем 10 и подставка с подъемными винтами 1 и круглым уровнем 2. Труба закрепляется зажимным винтом 8, для точного визирования используется наводящий винт 9, для приближенного наведения трубы на рейку служит визир 5 с мушкой. Для точного горизонтирования визирной оси трубы используют элевационный винт 3. Резкость изображения сетки нитей достигается вращением диоптрического кольца окуляра 4, вращением кремальеры 6 получают четкое изображение рейки. Также имеются исправительные винты 11 цилиндрического уровня.

Круглый уровень предназначен для приближенного горизонтирования прибора, а цилиндрический контактный для точного горизонтирования его визирной оси. Поэтому должно выполняться следующее геометрическое условие: визирная ось трубы и ось цилиндрического уровня должны быть параллельны.



Рисунок 76. Устройство нивелира Н – 3

### ***Оптический нивелир с компенсатором(на примере Nikon AC 2S)***

Оптический нивелир Nikon AC 2S – это простой в настройке и эксплуатации нивелир, оснащенный автоматическим компенсатором и горизонтальным кругом с градуировкой. Встроенный грубый прицел упрощает быстрое наведение на рейку. Специальное зеркальце круглого уровня обеспечивает видимость пузырька с любого направления. Двусторонние наводящие винты обеспечивает плавное наведение на цель с обеих сторон. Оптика нивелира имеет 24 – х кратное увеличение и прямое изображение. Инструмент оснащен нитяным магнитно – демпферным компенсатором, обеспечивающим автоматическое выравнивание уровня в диапазоне до  $\pm 16'$ .



Рисунок 77. Нивелир Nikon AC 2S

### ***Нивелирные рейки***

Обычно применяют трех метровые деревянные, двусторонние складные рейки.

На нижнюю часть рейки набита металлическая пластина предохраняющая рейку от истирания, называемая «пяткой» рейки. На рейке нанесены подписанные дециметровые деления. На черной шкале от 00 до 29 дм, на красной от произвольного значения превышающего 30 дм. Дециметровые деления поделены на сантиметровые, которые для удобства отсчитывания объединены группами по 5 см.

Отсчет по рейке берут по средней горизонтальной нити с точностью до 1 мм в момент когда пузырек цилиндрического уровня находится в нуль – пункте.

Для выполнения задания бригады получают инструменты (таб.18).

Таблица 18. Перечень имущества

<b>№ п/п</b>	<b>Инструменты</b>	<b>Количество</b>	<b>Примечание</b>
1.	Нивелиры Nikon AC 2S	1	На бригаду (4-6 человек) – инструмент
2.	Штатив к нивелиру	1	-"
3.	Рейки телескопические	2	-"
4.	Башмаки	2	-"

При получении инструментов нужно произвести общий осмотр, чтобы установить их исправность и пригодность к работе. Дефекты, обнаруженные при осмотре, по возможности устраняют своими силами.

Оптика нивелира должна быть чистой; вращение вертикальной оси – свободным и плавным; изображение сетки нитей – четким; подъемные, исправительные и микрометрические винты – исправными; подъемные винты при закреплении нивелира на штативе не должны иметь люфта.

Штатив должен быть исправным, башмаки ножек – жестко (без люфта) скреплены с деревянной частью ножек. Пятка реек должны быть жестко скреплены с рейками.

### **Поверки нивелира**

Перед началом наблюдений выполняют поверки, производимые в полевых (эксплуатационных) условиях. Поверки производят в определенной последовательности, так как юстировка прибора, выполняемая после каждой очередной поверки, дает возможность произвести следующую поверку.

*Условие поверки 1. Ось круглого установочного уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира.*

*Выполнение поверки:*

1. Вращением всех подъемных винтов устанавливали пузырек круглого уровня в центр ампулы.

2. Верхнюю часть нивелира поворачивают на 180°. Если пузырек остается в центре ампулы – условие выполнено, если нет выполняют исправление.

*Примечание.* Поверку выполняют несколько раз, добиваясь, чтобы пузырек оставался в центре ампулы при вращении нивелира вокруг оси.

*Условие поверки 2. Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси трубы.*

*Выполнение поверки.*

1. На местности с небольшим уклоном закрепляют две точки А и В, находящиеся на расстоянии 50-70 м друг от друга.

2. Над точкой А устанавливают нивелир и приводят его в рабочее положение, измеряют высоту нивелира  $i_1$ .

3. В точке В устанавливают нивелирную рейку.

4. Визирную ось трубы приводят в горизонтальное положение и берут отсчет по рейке  $b_1$ .

5. Нивелир и рейку меняют местами.

6. Приводят нивелир в рабочее положение и измеряют его высоту  $i_2$ .

7. Берут отсчет по рейке  $b_2$ , установленной в точке А.

8. Вычисляют ошибку  $X$  в отсчете по формуле:

$$X=(i_1+i_2):2-(b_1+b_2):2$$

*Примечание.* Если  $X < \pm 4$  мм – условие считают выполненным, если  $X > \pm 4$  мм, производят юстировку.

Результаты поверки записывают в журнал (см. таб. 19).

Таблица 19. Результаты поверки 1

Название станции	Название или № точки	Отсчеты по рейке		Превышения	Среднее превышение
		задняя	передняя		
		i1 = 1378	b1 = 1108		
		I2 = 1409	b2 = 1682		
				X = - 1,5	

### Технология выполнения технического нивелирования

Техническое нивелирование производится геометрическим нивелированием, методом нивелирования «из середины». Основные требования при техническом нивелировании:

- Высота луча визирования над дневной поверхностью не должна быть менее 20см.
- Отсчеты берутся только по средней нити.
- Место установки нивелира - по середине между рейками - определяется «на глаз» или измеряется шагами.
- Нивелирные рейки устанавливаются на башмаки или колья.

Работу на станции производят в следующем порядке:

1. Устанавливают нивелир по середине между рейками и приводят в горизонтальное положение.

2. Наводят трубу на заднюю рейку и берут отсчет (a1).

3. Наводят трубу на переднюю рейку и берут отсчет (b1)

4. Меняют высоту прибора.

5. Берут отсчет (b2) по передней рейки.

6. Берут отсчет (a2) по задней рейки.

7. Вычисляли превышения по черной и красной сторонам реек:

$$h1=(a1)- (b1), h2=( a2)-( b2)$$

Контроль.  $h1-h2 \leq 4\text{мм}$

9. Если контроль выполняется, то вычисляют среднее превышение

$$h_{cp} = (hч + hк) : 2$$

10. Переходят на следующую станцию и повторяют все действия, начиная с пункта 1.

### Обработка измерений технического нивелирования и вычисление абсолютных отметок

Камеральная обработка нивелирования начинается с тщательного просмотра всех записей и вычислений в полевых журналах, а затем выполняют постраничный контроль и вычисление абсолютных отметок (смотри 2.2.3. Обработка журнала технического нивелирования).

Таблица 20. Журнал технического нивелирования

№ вершин	Отчеты по рейке						Превышения, мм				Гориз. прибора м	Абсолют- ные отметки, м
	Отчет по черной стороне			Отчет по красной стороне			По сторонам		Среднее			
	задние	передние	промеж.	задние	передние	Черный	Красный	средние	исправ.			
Rp 45	1072			4926		-2455	-2453	-2454 <sup>-1</sup>	-2455		175,25	
ПК0	3100	3527		7795	7379	2495	2493	2494 <sup>-1</sup>	2493		172,795	
+76			1820							175,895	174,075	
ПК1	2530	0605		7260	5302	1230	1228	1229 <sup>-1</sup>	1228		175,288	
+30			1905							177,818	175,913	
ПК2	3204	1300		7645	6032	2698	2701	2699 <sup>-1</sup>	2698		176,516	
ПК3	2275	0506		6995	4944	1526	1529	1528 <sup>-1</sup>	1527		179,214	
+35			1985							181,489	179,504	
ПК4	0395	0749		5245	5466	-1900	-1900	-1900 <sup>-1</sup>	-1901		180,741	
Rp 46		2295			7145						178,84	
						∑=3594	∑=3598	∑=3596	∑=3590			

Контроль:  $\sum Z - \sum П/2 = 3596$  мм

$\sum h_{cp} = \sum h_{np} = 3596$  мм

$\sum h_{теор} = 178,84 - 175,25 = 3,59$  м = 3 590 мм

$fh_{np} = +6$  мм

$fh_{доп} = \pm 10\sqrt{6} = 24$  мм

### 3.2.3. Тахеометрическая съемка

#### Инструменты и их общий осмотр

Для выполнения основных требований тахеометрической съемки – одновременного определения планового и высотного положения точек местности используются как правило тахеометры, в отдельных случаях могут быть использованы *технические теодолиты Т15, 2Т-30*.

Для тахеометрической съемки используются дальномерные, нивелирные и специально изготовленные рейки.

#### Технология выполнения тахеометрической съемки

Плановую съемку контуров и рельефа местности на каждой станции производят способом полярных координат, а отметки точек определяют тригонометрическим нивелированием. Расстояния от прибора до снимаемых точек измеряемые по нитяному дальномеру, не должны превышать пределов

указанных в таб. 21. При определении расстояний до речных точек дальномер с точностью более 1:1000 допуски увеличиваются в 1,5 раза.

Таблица 21. Предельные расстояния при тахеометрической съемке

Масштаб съемки	Высота сечения рельефа, м	Расстояние от прибора до речной точки при съемке, м		Расстояние между речными точками, м
		рельефа	контуров	
1:5000	0,5	250	150	60
	1,0	300	150	80
	2,0	350	150	100
	5,0	350	150	120
1:2000	0,5	200	100	40
	1,0	250	100	50
	2,0	250	100	60
1:1000	0,5	150	80	20
	1,0	200	80	30
1:500	0,5	100	60	15
	1,0	150	60	20

Съемочные пикеты выбирают таким образом, чтобы по ним можно было изобразить на плане рельеф, предметы и контуры местности. Их берут на всех характерных точках и линиях рельефа: на вершинах и подошвах холмов, на дне и бровках котловин и оврагов, на водоразделах и тальвегах, на перегибах скатов и на седловинах, а также на характерных местах контуров и у местных предметов. При равных условиях число речных точек тем больше, чем крупнее масштаб съемки и чем меньше принятая высота сечения рельефа. Число съемочных пикетов зависит также и от характера местности: чем он сложнее, тем больше речных точек.

Согласно действующей инструкции по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500, расстояния между соседними точками не должны быть более допусков, указанных в табл. 21 или 2-3 см на плане.

Съемку местности *с применением теодолита* производят на каждой станции в следующем порядке:

1. Устанавливают прибор на станции и приводят его в рабочее положение (центрируют, горизонтируют).
2. Измеряют высоту прибора  $i$  и фиксируют ее тесьмой на рейке.
3. Определяют **МО** (место нуля). **МО** – это отсчет по вертикальному кругу, соответствующий горизонтальному положению визирной оси трубы.
4. Ориентируют лимб по начальному направлению (на предыдущую или последующую станцию хода). Для этого нуль алидады совмещают с нулем лимба и наводят движением лимба визирную ось зрительной трубы на начальную станцию (на видимую нижнюю часть вехи).

5. Составляют абрис – зарисовку ситуации и рельефа, снимаемых с данной станции.

6. Намечают маршрут реечника.

7. Открепляют алидаду (лимб на протяжении всех наблюдений должен быть закреплен) и визируют на первую реечную точку. Наводят вертикальную нить сетки нитей зрительной трубы на середину рейки, а среднюю горизонтальную нить трубы на отсчет равный высоте прибора (на тесьму), либо, если этому что-либо препятствует, на верх рейки.

8. Записывают в журнал номер реечной точки, высоту наведения на рейку и отсчет по нитяному дальномеру (расстояние от станции до реечной точки).

9. Наблюдатель дает реечнику команду перейти на следующую реечную точку, а сам берет отсчеты по горизонтальному (направление) и вертикальному (для определения превышения) кругам с округлением до  $1'$ .

10. Открепляют алидаду и визируют на вторую реечную точку, повторяя те же действия (7, 8, 9).

11. Для контроля ориентирования теодолита на станции снова визируют на начальное направление, и если отсчет по горизонтальному кругу не отличается от  $0^{\circ}00'$  более чем на  $5'$ , работу на станции считают законченной.

12. Переходят на следующую станцию и работу начинают также, как на предыдущей, лимб ориентируют на предыдущую точку и съемку ведут аналогично.

*Примечание. Наблюдение на станции при съемке ситуации и рельефа ведут при одном круге (либо КП, либо КЛ).*

Результаты съемки записывают в полевой журнал см. таб. 22.

При визировании на съемочный пикет в журнал записывают его порядковый номер (графа 1), высоту наведения (графа 2), расстояние от станции до пикета определенное по рейке (графа 3), отсчет по горизонтальному кругу (графа 4), отсчет по вертикальному кругу (графа 5). Если съемочный пикет является только контурной точкой, то при съемке отсчет по вертикальному кругу не делается.

В графе 9 табл. 22 указывают места расположения съемочных пикетов (например, поворот ручья, контур кустарника, дорога и др.), характер рельефа (водораздел, тальвег, вершина и др.) и другие детали для составления плана.

Таблица 22. Журнал тахеометрической съемки

Стоянка на ст. *m1* « 5 » июля 2014 года Нст. = 49,89

Ориентировка на ст. *m.4* МО = (КЛ+КП):2 = +1'

Высота инструмента  $i=1,45$  Круг *КП*

№ точек наблюдения	Высота наведения $v$	Расстояние по рейке	Отсчеты по горизонтальному кругу		Отсчеты по вертикальному кругу		Угол наклона			Превышения «h» из таблицы	Отметки	Примечание
			°	'	°	'	±	°	'			
т.4	i		0	00								
1	i	80,0	359	25	+0	57	+	0	56	+1,31	51,20	угол забора
2	-«-	66,40	26	48	+0	33	+	0	32	+0,61	50,50	граница пашни
3	-«-	90,25	74	21	-0	03	-	0	08	-0,21	49,68	обочина дороги
4	-«-	88,00	96	05	-0	26	-	0	27	-0,69	49,20	рельеф
5	-«-		100	24								устой моста
6	-«-		99	48								-«-
7	-«-		107	50								-«-
8	-«-	148,20	102	30	-0	25	-	0	26	-1,13	48,76	берег
т.4			0	01								

В процессе съемки на каждой съёмочной точке составляется от руки в произвольном масштабе схематический чертеж – абрис (см.рис. 79). На нем показывают станцию теодолитно-тахеометрического хода, его последующую и предыдущую линии, расположение всех съёмочных пикетов, снимаемые предметы. Контуры и рельеф местности. Съёмочные пикеты отмечают теми же номерами, что и в полевом журнале; предметы и контуры местности показывают условными знаками. А также соответствующими надписями (например, луг, кустарник и т.д.). Формы рельефа схематически изображают горизонталями. Стрелками показывают направления скатов, а пунктиром – характерные линии рельефа (водоразделы и тальвеги). По направлениям, которые на абрисе обозначены стрелками, в дальнейшем, при составлении плана местности можно будет методом геометрической интерполяции находить положение горизонталей.

На абрисе также указывают названия населенных пунктов, рек и водоемов, ширину рек, дорог и прочие сведения, необходимые для составления плана.



В целях контроля необходимо сверять нумерацию съемочных пикетов в журнале и на абрисе.

### **Электронные тахеометры и порядок работы тахеометром при тахеометрической съемке**

При производстве тахеометрической съемки чаще всего используют геодезический прибор **тахеометр**, но также можно использовать GPS, БПЛА, аэрофотосъемки.

Тахеометры делятся на номограммные и электронные.

Номограммный тахеометр — сложный оптический теодолит, снабженный специальным номограммным кругом и предназначенный для измерения на местности горизонтальных и вертикальных углов, длин линий и их горизонтальных проекций. Например: теодолит «Delta»

Электронный тахеометр – прибор объединяет в себе теодолит, светодальномер и счетное устройство, позволяет выполнять угловые и линейные измерения и осуществлять совместную обработку результатов этих измерений. Электронные тахеометры делятся по виду на модульные и интегрированные.

Тахеометры, которые состоят из отдельно сконструированного теодолита (электронного или оптического) и светодальномера, называют *модульными* тахеометрами. Например: Теодолит Т2 и светодальномер СТ5.

Тахеометры, в которых все устройства (угломерные, дальномерные, зрительная труба, клавиатура, процессор), объединены в один механизм, называются *интегрированными тахеометрами*. Интегрированные тахеометры делятся по классу на *механические и роботизированные*.

В настоящее время номограммные и модульные тахеометры устарели и уже не используются в производстве, т.к. работа занимает много времени и очень трудоемкий процесс обработки данных. Наиболее широкое распространение получили электронные тахеометры зарубежных фирм Sokkia, Topcon, Nikon, Pentax, Trimble, Leica (рис. 78), Они имеют встроенное программное обеспечение для производства практически всего спектра геодезических работ: развитие геодезических сетей; съемка и вынос в натуру; решение задач координатной геометрии (прямая и обратная геодезическая задача, расчет площадей, вычисление засечек). Угловая точность у таких приборов может быть от 1" до 7" в зависимости от класса точности, также практически на всех моделях данных фирм встроен режим безотражательного измерения расстояния.

В электронных тахеометрах расстояния измеряются по разности фаз испускаемого и отраженного луча (фазовый метод), иногда (в некоторых современных моделях) по времени прохождения луча лазера до отражателя и обратно (импульсный метод). Точность измерения зависит от технических возможностей модели тахеометра, а также от многих внешних параметров: температуры воздуха, давления, влажности и т. п. Диапазон измерения расстояний зависит также от режима работы тахеометра (отражательный или безотражательный). Дальность измерений в безотражательном режиме

напрямую зависит от отражающих свойств поверхности, на которую производится измерение. Дальность измерений на светлую гладкую поверхность (штукатурка, кафельная плитка и пр.) в несколько раз превышает максимально возможное расстояние, измеренное на темную поверхность. Максимальная дальность линейных измерений: для режима с отражателем (призмой) – до пяти километров (при нескольких призмах еще дальше); для без отражательного режима – до одного километра. Модели тахеометров, которые имеют безотражательный режим могут измерять расстояния практически до любой поверхности, однако следует с осторожностью относиться к результатам измерений, проводимым сквозь ветки, листья, потому как сигнал может отразиться от промежуточного предмета.

Существуют модели тахеометров, обладающих дальномером, совмещенным с системой фокусировки зрительной трубы. Преимущество таких приборов заключается в том, что измерение расстояний производится именно на тот объект, по которому в данный момент выставлена зрительная труба прибора.

К новейшим электронным тахеометрам относятся **роботизированные тахеометры**, оснащенные сервоприводом. Эти приборы могут самостоятельно наводиться на специальный активный отражатель и производить измерения. В дополнение прибор с сервоприводом может оснащаться специальной системой управления по радио, при этом съемку может производить только один человек, находясь непосредственно на измеряемой точке. Подобная схема съемки увеличивает производительность проведения съемочных работ примерно на 80%. Роботизированные системы могут быть использованы для слежения за деформациями объектов, съемки движущихся объектов и т. д.

Рассмотрим работу на станции с применением электронного тахеометра Leica TS 09 plus R500. Данный тахеометр относится к классу механических тахеометров (в настоящее время считается одним из самых популярных).

Работу на станции с применением тахеометра выполняют следующим образом:

1. Выдвиньте ножки штатива на удобную для вас длину. Установите штатив в более – менее центрированное положение над твердой точкой.

2. Установите на штатив тахеометр и закрепите его становым винтом.

3. Включите инструмент. Если компенсатор в положении «**вкл.**», то лазерный отвес включится автоматически, а на дисплее появится окно «**Уровень и Отвес**». В других ситуациях нажмите на кнопку **FNS** в этом приложении выберете **УРОВЕНЬ**.

4. Изменяя положение ножек штатива и вращая подъемные винты наведите пятно лазера отвеса на твердую точку.

5. Работая ножками штатива приведите в нуль-пункт круглый уровень.

6. Вращением подъемных винтов, точно ориентируйте тахеометр по электронному уровню.

7. Точно отцентрируйте тахеометр над точкой, передвигая трегер по головке штатива.



Рисунок 78. Электронный тахеометр Leica TS 09 plus R500

После того тахеометр приведен в рабочее положение его необходимо сориентировать. Для этого необходимо перейти в «**Меню**» «**Установка станции**». Установка станции – приложение, запускаемое для определения координат станции ориентирования прибора на точке стояния. Точка стояния может быть определена различными способами: «Ориентирование по углу»; «Ориентирование по координатам»; «Передача N»; «Засечка»; «Засечка по Гельмерту»; «Локальная засечка». Из данных способов самый распространённый это «Ориентирование по координатам» рассмотрим его. И так заходим в «**Меню**» «**Установка станции**»:

1. В появившемся окне необходимо ввести данные о точке стояния. Это можно сделать вручную с клавиатуры либо выбрать из памяти прибора. При помощи рулетки замерить высоту инструмента от твердой точки до отметки на зрительной трубе. Нажмите **Далее**.

2. Введите данные о точке ориентирования. Это также можно сделать вручную либо выбрать из памяти прибора.

3. Наведите на точку ориентирования, введите высоту отражателя и выполните измерение. После чего на экране появятся координаты станции и точность ориентировки.

Прибор приведен в рабочее положение, можно приступать к выполнению тахеометрической съемки. Для этого необходимо перейти в режим «**Съемка**». Все можно приступать к тахеометрической съемке. Теперь

необходимо перемещать веху с отражателем по характерным точкам (пикетам) и нажимать на кнопку «Запись».

При нажатии на кнопку «Запись», автоматически определяются расстояние, горизонтальные и вертикальные углы. Если тахеометр имеет безотражательный режим, то можно производить измерения на характерные точки, в которых нет возможности установить вешку с отражателем (контуры зданий, ригеля мостов и т.д.). Счетное устройство тахеометра во время измерений автоматически вычисляет горизонтальное проложение, приращения координат и превышение  $h$ .

Чаще всего в качестве съемочного обоснования используют теодолитные ходы, ходы полигонометрии 4 класса 1,2 разряда, которые в высотном отношении отнивелированы нивелировкой 4 класса или техническим нивелированием. Также можно применять все пункты Государственной Геодезической Сети (ГГС), или Местной сети.

На абрис зарисовывается положения речных точек с указанием их номеров, проводятся контуры местности, указывается скелет рельефа и подписываются уголья. Скелет рельефа изображают в виде линий, соединяющих точки, между которыми на местности ровный скат, т. е. нет перегибов. Стрелками указывают направление ската. Четко выраженные формы рельефа показывают на абрисе горизонталями. Контуры ситуации и снимаемые объекты обозначают условными знаками или надписями. Недостатками этого метода в том, что одному исполнителю тяжело выполнять тяжело выполнять тахеометрическую съемку и ввести абрис особенно в холодное время. Например: зимой. Поэтому необходимо как минимум два исполнителя, один из которых выполняет съемку, а другой введет абрис и руководит рабочими с вешками.

Другой способ – это применить полевое кодирование. Полевое кодирование – это специальные коды, которые вводятся в электронный тахеометр до или после измерения.

В процесс обработки данных пользователь, ориентируясь на коды понимает ситуацию. Например: код 551 означает дерево; 348- деревянный столб и т.д.

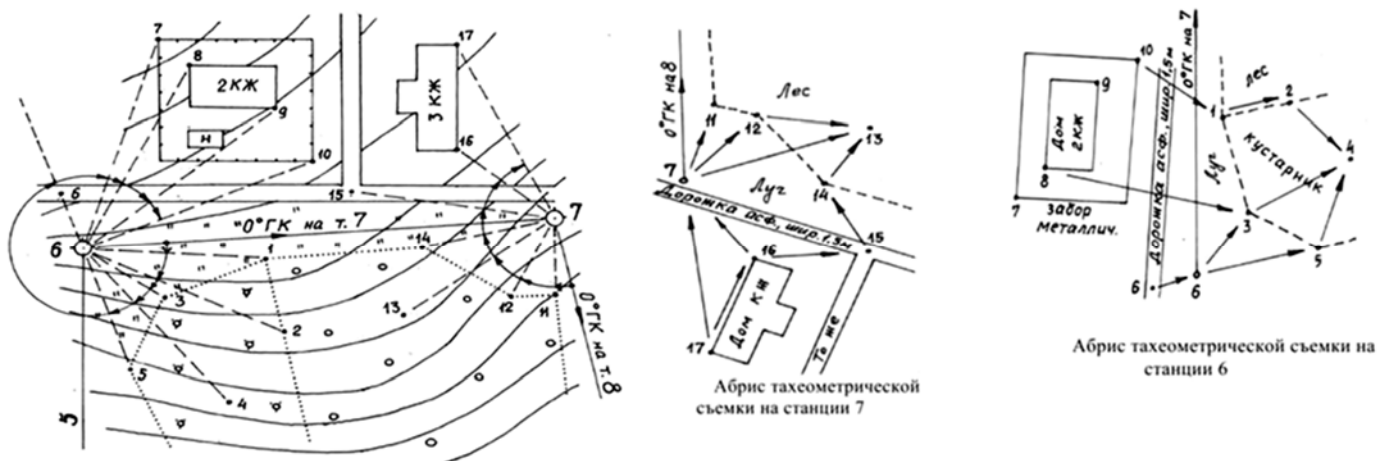


Рисунок 79. Абрис тахеометрической съемки.

Надо понимать что все топографические условные знаки делятся на группы (точечные, линейные, площадные и внемасштабные). Если с точечными объектами все просто, то с линейными и площадными объектами сложнее, необходимо кроме кода вводить команды кода; разделители кодов и команд; префиксы номера тематического объекта. Например: 619-1\_PLN означает начать левый край дороги в данном случае:

-1 - это префикс тематического объекта.

\_ - разделитель кода и команды

PLN – команда начать линейный объект.

Данный метод хорош тем, что позволяет увеличить процесс обработка данных на 50%, т.к. после скачивания данных из тахеометра и загрузки их в программный продукт, тахеометрическая съемка обрабатывается автоматически и на выходе получается почти готовы топографический план.

Недостатками этого метода является то, что исполнитель не имеет право на ошибку, при вводе не верного кода удалить его невозможно.

Третий способ – комбинированная съемка, т.е. объединение двух предыдущих методов. Выполнения полевого кодирования и введения абриса. Считается самым лучшим т.к. на выходе получая почти готовый план исполнитель имея абрис может сам себя проверить.

Все данные, полученные в ходе измерений, сохраняются в специальном запоминающем устройстве (накопителе информации). Они могут быть переданы с помощью интерфейсного кабеля на компьютер, где с использованием специальной программы выполняется окончательная обработка результатов измерений для построения цифровой модели местности или топографического плана.

Совместное использование электронного тахеометра с компьютером позволяет полностью автоматизировать процесс построения модели местности.

## Глава 3.3. Камеральная обработка

### 3.3.1. Обработка журналов и составление плана съемки

#### Вычисление координат вершин теодолитного хода

Для получения контурного плана местности выполняется теодолитная съемка, плановым обоснованием которой служит замкнутый теодолитный ход опирающийся на исходный пункт – точку 1 с координатами  $X_1, Y_1$  и дирекционный угол  $\alpha_{1-2}$  стороны 1-2. Дирекционный угол получают по формуле связи его с магнитным азимутом, а сам магнитный азимут измеряют на исходном пункте.

Измеренные величины: углы –  $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ ; горизонтальные проложения линий –  $S_{1-2}, S_{2-3}, S_{3-4}, S_{4-1}$ .

Исходные данные: т.1( $X_1, Y_1$ ),  $\alpha_{1-2}$

Вычислить координаты точек: т.2( $X_2, Y_2$ ), т.3( $X_3, Y_3$ ), т.4( $X_4, Y_4$ ).

Выписывают в «Ведомость вычисления координат замкнутого теодолитного хода» (см. табл. 23) исходные данные и измеренные величины:

1. В графу 1 ведомости через строчку выписывают номера точек замкнутого теодолитного хода;

2. В графу 2 ведомости выписывают из «Журнала теодолитной съемки» значения измеренных углов из графы «Среднее из углов» –  $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$  в соответствующие строки;

3. В графу 5 между строками пунктов 1 и 2 выписывают значение исходного дирекционного угла.

4. В графу 6 ведомости из журнала выписывают между соответствующими строками значения горизонтальных проложений теодолитного хода –  $S_{1-2}, S_{2-3}, S_{3-4}, S_{4-1}$ ;

5. В графы 13 и 14 выписывают на строке соответствующей точке 1 значение координат этой точки  $X_1, Y_1$  соответственно.

*Примечание.* Исходные координаты и исходный дирекционный угол желательно записать красным цветом.

Вычисления координат вершин теодолитного хода выполняют с тем порядком, который указано в главе «Теодолитная съемка».

Таблица 23. Ведомость вычисления координат замкнутого теодолитного хода

№ станции	Горизонтальные углы			Дирекционные углы	Горизонтальн. проложения, м	Приращения координат						Координаты	
	Измерен.	Поправка	Исправлен.			вычисленные			исправленн			X	Y
						$\Delta$	$t\gamma_z$	$\Delta y$	$t\gamma_z$	$\Delta x$	$\Delta y$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

1	110°0 5'		110°0 5'									0	0
				12	50.36	49.23	0	+10.61	+0.01	+49.23	+10.62		
2	81°1.5 '	-0.5'	81°01 '									+49.23	+
				11	64.12	23.14	0	+59.80	+0.01	-23.14	+59.81		
3	93°57. 5'	-0.5'	93°57 '									+26.09	+
				19	61.79	59.03	0	-18.27	+0.01	-59.03	-18.26		
4	74°56. 5'	-0.5'	74°56 '									-32.94	+
				30	61.70	32.94	0	-52.17	0	+32.94	-52.17		
1												0	0
						$\Delta x=0$		$\Sigma \Delta y=-0.03$		$\Sigma \Delta x=0$	$\Sigma \Delta y=0$		

$$\Sigma \beta = 360^\circ 1,5' P = 237,97$$

$$\beta_{\text{теор}} = 180^\circ(4-2) = 360^\circ 00' f_{\text{абс}} = +0.03$$

$$f_{\beta} = 1.5'$$

$$f_{\beta \text{ доп}} = 1' \sqrt{4} = 2' f_c = 1/7932$$

### Построение плана теодолитной съемки масштаба 1:1000

При построении плана теодолитной съемки предварительно строят координатную сетку со стороной квадрата, равной 10 см. От точности построения координатной сетки во многом зависит точность будущего плана, поэтому нанесение координатной сетки должно производиться с большей тщательностью. Построение сетки проверяют измеряя диагонали квадратов, которые не должны отличаться друг от друга более чем на 0,3 мм.

Нанесение на план вершин теодолитного хода. После построения координатной сетки подписывают координаты ее линий: абсциссы – слева и справа от координатной сетки, а ординаты – снизу и сверху.

При нанесении на план точки по ее прямоугольным координатам, прежде всего определяют квадрат, в котором она находится. Затем от координат точки отнимают координаты юго-западного угла квадрата. Разность абсцисс, выраженную в масштабе плана, откладывают от южной стороны квадрата на вертикальных сторонах.

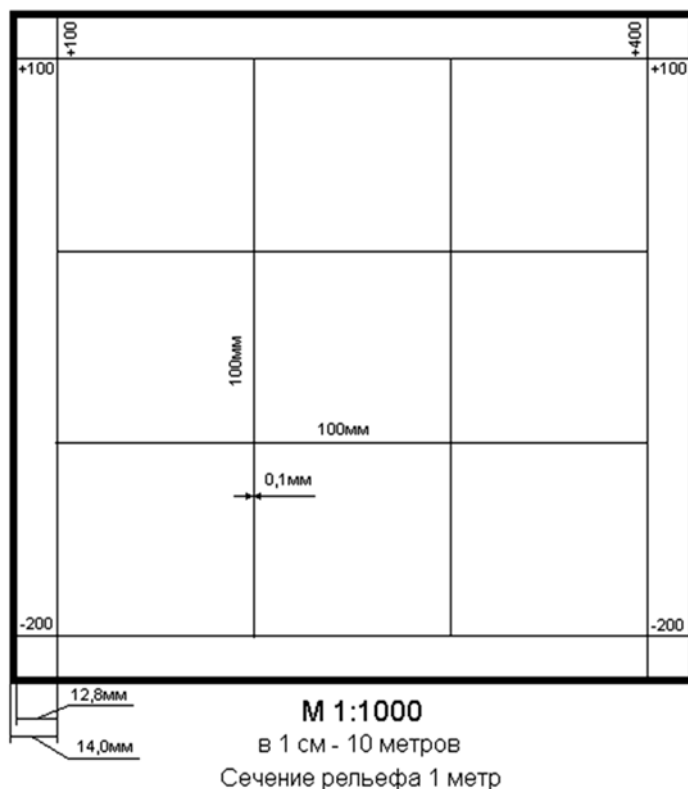


Рисунок 80. Построение плана

Через концы этих отрезков проводят линию и вдоль нее от западной стороны квадрата на восток откладывают разность ординат, также выраженную в масштабе плана. Конец этого отрезка и определит положение точки. Точно в таком же порядке наносят все точки теодолитного хода. Нанеся точку, начиная от второй, накладку проверяют. Для этого определяют расстояние на плане между каждыми двумя соседними точками. Эти расстояния должны равняться горизонтальным проложениям линий записанным в ведомости. Расхождение не должно превышать 0,2 м (0,2 мм в масштабе плана).

План теодолитной съемки составляют по данным абриса съемки. Местные предметы и характерные точки контуров наносят в соответствии с результатами и способами съемки.

Точки, снятые способом перпендикуляров, строят измерителем и масштабной линейкой; перпендикуляры к сторонам хода восстанавливают прямоугольным треугольником и линейкой.

Точки, снятые способом полярных координат, наносят транспортиром, масштабной линейкой и измерителем. Для этого центр транспортира прикладывают в точке хода, на которой при съемке стоял теодолит, а нуль его совмещают с линией, по которой был ориентирован лимб. Отмечают полярные углы и откладывают по направлениям радиусы – векторы.

Точки, снятые угловыми засечками, строят транспортиром и линейкой; углы на плане строят от тех же опорных линий, от которых их измеряли при съемке.



Точки, снятые способом линейных засечек, наносят на план измерителем и масштабной линейкой.

По мере накладки точек на план по ним вычерчивают в соответствии с абрисом необходимые контуры и предметы местности и заполняют их соответствующими условными знаками. Составленный план тщательно корректируют, после чего вычерчивают и оформляют в соответствии с утвержденными таблицами условных знаков.

### **Обработка журнала тахеометрической съемки**

Начинают обработку с проверки записей в журнале тахеометрической съемки и правильности составления абриса. Цель обработки журнала – получение отметок пикетных точек, которые сняты с каждой станции теодолитно-тахеометрического хода.

Последовательность обработки журнала прописана в «2.3.2. Порядок работы на станции при тахеометрической съемке».

*Примечание.* Поскольку вычисление отметок съёмочных пикетов производится без контроля, то для своевременного выявления и устранения вкрапившихся грубых ошибок необходимо сопоставлять вычисленные в журнале отметки точек местности с их фактическим взаимным положением.

### **Составление плана тахеометрической съемки**

План тахеометрической съемки (см. рис. 81) составляют совместно с планом теодолитной съемки, так как съемка ситуации и рельефа ведется с вершин теодолитного хода.

Работа по составлению плана ведется в такой последовательности:

1. Центр транспорта совмещают с вершиной теодолитного хода, а ноль со стороной, по которой производилось ориентирование лимба.
2. Отмечают карандашом по окружности транспорта направление на пикетную точку (отсчет по горизонтальному кругу).
3. При помощи измерителя и масштабной линейки откладывают расстояния от станции до пикетных точек.
4. Подписывают номер точки и рядом с наколом ее отметку.
5. Соединяют пунктиром речные точки, образуя контур угодий, и снятые предметы местности.
6. По отметкам пикетных точек интерполируют и проводят горизонтالي, пользуясь зарисовкой рельефа в кроки.
7. Вычерчивают план согласно таблицам условных знаков.
8. Выполняют зарамочное оформление плана [5;8;12].

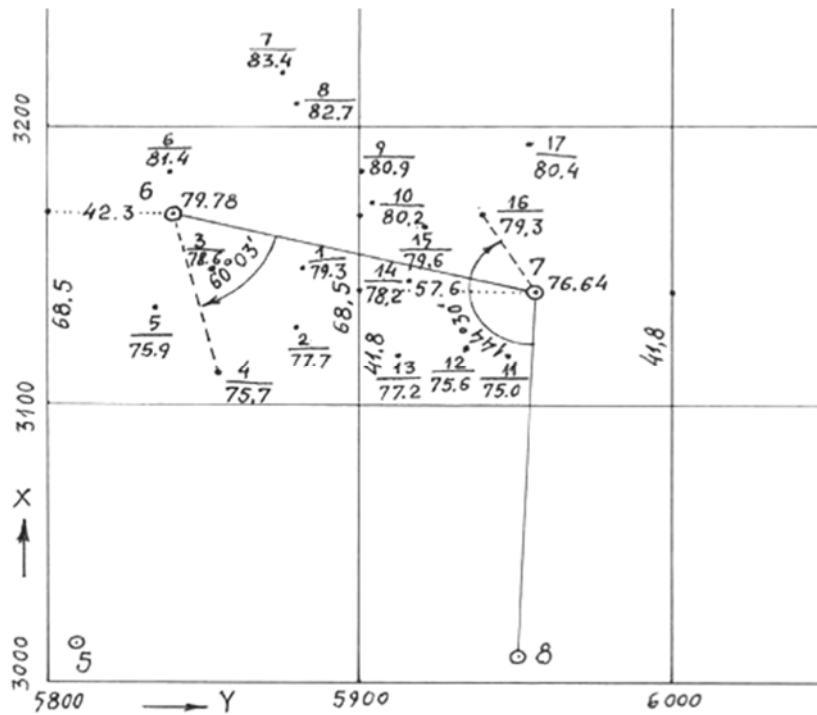


Рисунок 81. Построение тахеометрического плана

**Контрольные вопросы и задания по геодезической практике:**

1. Напишите порядок выполнения поверки 1 теодолита 2Т-30 по шагам.
2. Напишите порядок выполнения поверки 2 теодолита 2Т-30 по шагам.
3. Напишите порядок выполнения поверки 3 теодолита 2Т-30 по шагам.
4. Напишите устройство теодолита 2Т-30.
5. Сумма измеренных углов (измерены теодолитом 2Т-30) замкнутого теодолитного хода из 5 точек составляет  $540^{\circ}04'$ . Определите допустимость угловой невязки хода.
6. Сумма измеренных углов (измерены теодолитом 2Т-30) замкнутого теодолитного хода из 7 точек составляет  $900^{\circ}02'$ . Определите допустимость угловой невязки хода.
7. Вычислите приращения координат, если:  
 $S_{AB} = 192,12\text{м}, \alpha_{AB} = 235^{\circ}49'$ .
8. Вычислите координаты точки В, если:  
 $S_{AB} = 202,72\text{м}, \alpha_{AB} = 35^{\circ}31', X_A = 1742,03\text{м}, Y_A = 6829,41\text{м}.$
9. Выполнить оценку точности теодолитного хода, если:  
 $f\Delta x_{\text{пр.}} = -0,23\text{м}, f\Delta y_{\text{пр.}} = +0,65\text{м}, P = 588,47\text{м}.$
10. Выполнить оценку точности теодолитного хода, если:  
 $f\Delta x_{\text{пр.}} = -0,04\text{м}, f\Delta y_{\text{пр.}} = +0,33\text{м}, P = 1023,61\text{м}.$
11. Дан дирекционный угол линии 1-2  $\alpha_{1-2} = 235^{\circ}41'$  и угол  $\beta = 100^{\circ}56'$ , вычислить дирекционный угол  $\alpha_{2-3}$ .
12. В замкнутом теодолитном ходе из 4 точек известны дирекционный

угол линии 1-2  $\alpha_{1-2} = 36^{\circ}18'$  и левые по ходу углы  $\beta_1 = 121^{\circ}16'$ ,  $\beta_2 = 69^{\circ}43'$ ,  $\beta_3 = 54^{\circ}10'$ ,  $\beta_4 = 114^{\circ}51'$ .

13. Напишите порядок выполнения поверки 1 нивелира Н-3 по шагам.

14. Напишите порядок выполнения поверки 2 нивелира Н-3 по шагам.

15. Определите, допустима ли невязка  $f_h = -27$  мм в ходе технического нивелирования из 8 станций.

16. Определите, допустима ли невязка  $f_h = +47$  мм в ходе технического нивелирования, если длина хода 1800 м.

17. Выполнить постраничный контроль, если  $\sum z = 11400$ ,  $\sum p = 11428$ ,  $\sum h_{\text{выч.}} = -28$ ,  $\sum h_{\text{ср.}} = -14$ . Дайте расшифровку обозначениям.

18. Нивелирный ход проложен между двумя реперами с отметками  $H_n = 29,345$  м и  $H_k = 34,130$  м. Вычисленная сумма средних превышений

$\sum h_{\text{ср.}} = +4.757$  м. Определите, допустимо ли это для технического нивелирования при длине хода 3 км.

19. Нивелирный ход проложен между двумя реперами с отметками  $H_n = 28,477$  м и  $H_k = 24,189$  м. Вычисленная сумма средних превышений  $\sum h_{\text{ср.}} = -4.250$  м. Определите, допустимо ли это для хода технического нивелирования из 8 станций.

20. Вычислите отметку точки ПК1+10, если  $H_{\text{ПК1}} = 189,231$  м, отсчет на ПК1 равен 0576, а отсчет на ПК1+10 равен 1324.

21. По отсчетам на станции вычислить превышения и выполнить контроль на станции:

$$\alpha_1 = 1832, v_1 = 2654,$$

$$\alpha_1 = 6704, v_1 = 7528.$$

22. По отсчетам на станции вычислить превышения и выполнить контроль на станции

$$\alpha_1 = 0714, b_1 = 2532,$$

$$\alpha_1 = 5586, b_1 = 7414.$$

23. Вычислите угол наклона линии, если  $MO = -0^{\circ}03'$ , а отсчеты по вертикальному кругу (КП) определены теодолитом 2Т-30:

1.  $-10^{\circ}16'$

2.  $+4^{\circ}20'$

3.  $-3^{\circ}16'$

4.  $+7^{\circ}08'$

24. Вычислите превышение между станцией и пикетами:

№ пикета	Угол наклона	Расстояние до пикета
1	$+6^{\circ}10'$	74 м
2	$-1^{\circ}16'$	105 м

3	+0°29′	91 м
4	-2°37′	165 м

25. Вычислите отметки пикетных точек, если  $H_{ст.}=194,36$  м, а превышения между станцией и пикетом равны:

1. -2,18 м
2. -13,10 м
3. -24,29 м
4. +4.29 м

26. Нанесите на план масштаба 1:2000 и вычертите в условных знаках ситуацию, если дирекционный угол начального направления равен  $43^{\circ}30'$ .

№ пикета	Расстояние	Отсчет по ГК	Примечание
1	150	15°03′	Виноградник
2	182	39°11′	
3	119	102°32′	
4	51	110°48′	
5	123	225°30′	навес
6	90	251°52′	
7	126	259°13′	
8	130	311°06′	огород
9	186	336°30′	
10	64	341°22′	
11	165	355°00′	

27. Определите МО теодолита 2Т-30. По результатам определения сделайте вывод.

28. Определите коллимационную ошибку теодолита 2Т-30. По результатам определения сделайте вывод.

29. Выполните измерение горизонтального угла методом полного приема.

30. Выполните измерение вертикального угла линии.

31. Измерьте расстояние между вершинами теодолитного хода.

32. Выполните съемку ситуации методом угловых засечек.

33. Выполните съемку ситуации методом линейных засечек.

34. Выполните съемку ситуации методом перпендикуляров.

35. Выполните съемку ситуации методом полярных координат.

36. Определите магнитный азимут линии.

37. Вычислите координаты вершин замкнутого теодолитного хода.

38. Постройте координатную сетку и оцифруйте ее.

39. Нанесите на план масштаба 1:2000 по координатам вершины теодолитного хода. Как контролируют нанесение точек на план?

40. Нанесите ситуацию на план теодолитной съемки.
41. Выполнить поверку 1 нивелира Nikon AC-2S.
42. Определите величину  $x$  нивелира Nikon AC-2S.
43. Выполнить измерение превышения (с контролем) между точками методом нивелирования из середины.
44. Выполнить измерение превышения (с контролем) между точками методом нивелирования вперед.
45. Выполните обработку журнала наблюдений технического нивелирования.
46. Выполнить увязку результатов технического нивелирования и вычислить абсолютные отметки точек.
47. Выполнить подготовительные работы на станции тахеометрической съемки (установить прибор, определить МО, сориентировать теодолит по начальному направлению).
48. Выполнить наблюдения на станции тахеометрической съемки.
49. Выполнить обработку результатов наблюдений на станции тахеометрической съемки.
50. Нанести пикетные точки на план масштаба 1:10000 и вычертить в условных знаках.

## Тестовые задания для оценки результатов обучения

1. Геодезия - наука о Земле изучающая:
  - A. Процессы в земной коре.
  - B. Растительность и животный мир.
  - C. Природопользование.
  - D. Форму и размеры поверхности Земли.
  - E. Полезные ископаемые.
2. Выпуклая поверхность, перпендикулярная к направлению силы тяжести (отвесной линий) каждой точке:
  - A. Уровненная поверхность.
  - B. Шар.
  - C. Эллипс.
  - D. Референц-эллипсоид.
  - E. Сфероид.
3. Тело, ограниченное поверхностью воды Мирового океана, мысленно продолженного под сушей:
  - A. Эллипсоид.
  - B. Геоид.
  - C. Эллипс.
  - D. Референц-эллипсоид.
  - E. Шар.
4. В качестве математической поверхности, характеризующей форму Земли, принимают поверхность:
  - A. Геоида.
  - B. Эллипса.
  - C. Эллипсоида вращения, близкого по форме к поверхности геоида.
  - D. Сферы.
  - E. Шара.
5. Отрезок отвесной линии от точки на поверхности земли до уровненной поверхности, принятой за начало счета высот:
  - A. Горизонтальное проложение.
  - B. Превышение.
  - C. Высота точки.
  - D. Заложение.
  - E. Уклон.
6. Разность высот двух точек называется:
  - A. Абсциссой.
  - B. Заложением.
  - C. Уклоном.
  - D. Превышением.
  - E. Ординатой.
7. Положение точек земной поверхности на карте и плане определяется:
  - A. Координатами.

- В. Углами и линиями.
  - С. Румбами.
  - Д. Превышениями.
  - Е. Высотой.
8. Единицы меры прямоугольных координат:
- А. Процент, промилль.
  - В. Тонна, кг.
  - С. Км, м.
  - Д. Градус, минут.
  - Е. Литр, квадрат.
9. Единицы мер применяемые в системе географических координат:
- А. Километр, гектар.
  - В. Градус, гектар.
  - С. Градус, минута, секунда
  - Д. Метр, гектар.
  - Е. Метр, градус.
10. Угол, образованный отвесной линией, проходящей через данную на земной поверхности точку, и плоскостью экватора, называют:
- А. Вертикальным углом.
  - В. Углом наклона.
  - С. Широтой точки.
  - Д. Долготой точки.
  - Е. Горизонтальным углом.
11. Двугранный угол, заключенный между плоскостью начального (Гринвического) меридиана и плоскостью меридиана, проходящей через данную точку, называют:
- А. Вертикальным углом.
  - В. Углом наклона.
  - С. Горизонтальным углом.
  - Д. Долготой точки.
  - Е. Широтой точки.
12. Какие знаки соответствуют прямоугольным координатам (X и Y) точки в третьей четверти:
- А. +, -.
  - В. +, +.
  - С. -, -.
  - Д. -, +.
  - Е. +.
13. Какие знаки соответствуют прямоугольным координатам (X и Y) точки в второй четверти:
- А. -;
  - В. +, +.
  - С. -, -.
  - Д. -, +.

Е.+.

14. Какие знаки соответствуют прямоугольным координатам (X и Y) точки в четвертый четверти:

А.+ , -.

В.+ , +.

С.- , -.

Д.- , +.

Е.+.

15. Уменьшенное, построенное в картографической проекции, обобщенное изображение поверхности Земли:

А. План.

В. Профиль.

С. Схема.

Д. Абрис.

Е. Карта.

16. Уменьшенное подобное изображение на плоскости участка земной поверхности:

А. План.

В. Карта.

С. Профиль.

Д. Схема.

Е. Абрис.

17. Уменьшенное изображение вертикального разреза земной поверхности:

А. Схема.

В. Профиль.

С. План.

Д. Карта.

Е. Абрис.

18. Отношение длины линии на плане к горизонтальному приложению соответствующей линии местности:

А. Поправка.

В. Трансформация.

С. Масштаб плана.

Д. Коэффициент.

Е. Невязка.

19. Длина горизонтального приложения линии на местности, соответствующая 0,1 мм на плане:

А. Наименьшее деление масштаба.

В. Масштаб плана.

С. Основание масштаба.

Д. Точность масштаба.

Е. Линейный масштаб.



20. Совокупность разнообразных неровностей земной поверхности называют:

- A. Ситуацией.
- B. Контурами.
- C. Схемой.
- D. Абрисом.
- E. Рельефом.

21. Определить точность масштаба 1:10000:

- A. 100м.
- B. 0,01м.
- C. 1м.
- D. 0,1м.
- E. 10м.

22. Определить точность масштаба 1:2000:

- A. 0,02м.
- B. 2м.
- C. 20м.
- D. 0,002м.
- E. 0,2м.

23. В основе международной разграфки карт лежит лист карты масштаба:

- A. 1:10000
- B. 1:100000
- C. 1:1000000
- D. 1:50000
- E. 1:500000

24. На данном условном обозначении характеристики древесных насаждений—что означает число 0,20, если дано 15/0,20\*5:

- A. Количество.
- B. Площадь.
- C. Толщина.
- D. Высота.
- E. Расстояние.

25. Совокупность объектов местности называют:

- A. Ситуацией.
- B. Рельефом.
- C. Абрисом.
- D. Кройками.
- E. Ландшафтом.

26. Объекты, не отображающиеся в масштабе плана (карты) обозначают условными знаками:

- A. Масштабными.
- B. Вне масштабными.
- C. Площадными.

- D. Линейными.
  - E. Точечными.
27. Боковые поверхности горы либо котловины называют:
- A. Подошвой.
  - B. Основанием.
  - C. Хребтом.
  - D. Скатами.
  - E. Водотоком.
28. Высоты горизонтали всегда кратны:
- A. Масштабу.
  - B. Превышению.
  - C. Высоте сечения рельефа.
  - D. Заложению.
  - E. Десяти.
29. Основание графического масштаба:
- A. 10 см.
  - B. 5 см.
  - C. 50 см.
  - D. 2 см.
  - E. 100 см.
30. Вычислить численный масштаб плана, если длина линии на плане 1,3см, а длина горизонтального проложения этой же линии местности 260м:
- A. 1:200.
  - B. 1: 1000.
  - C. 1:2000.
  - D. 1:10000.
  - E. 1:20000.
31. Какой из перечисленных численных масштабов имеет точность масштаба равную 2,5м:
- A. 1:250.
  - B. 1:2500.
  - C. 1:5000.
  - D. 1:10000.
  - E. 1:25000.
32. Что из перечисленного не является формой рельефа:
- A. Лощина.
  - B. Гора.
  - C. Котловина.
  - D. Водораздел.
  - E. Хребет.
33. Высота сечения рельефа горизонталями равна 10м. Какие значения высот могут иметь сплошные (основные) горизонтали:
- A. 50м.
  - B. 45м.

C.52,5м.

D.47,5м.

E.55 м.

34. Горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления меридиана по ходу часовой стрелки до направления данной линии:

A. Угол поворота.

B. Азимут.

C. Румб.

D. Угол наклона.

E. Примычный угол.

35. Горизонтальный угол, отсчитываемый от ближайшего направления меридиана до направления данной линии:

A. Угол наклона.

B. Дирекционный угол.

C. Румб.

D. Азимут.

E. Примычный угол.

36. Прибор для определения магнитных азимутов и румбов:

A. Гониометр.

B. Эклиметр.

C. Эккер.

D. Буссоль.

E. Теодолит.

37. Горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления линии, параллельной оси абсцисс, по ходу часовой стрелки до направления данной линии:

A. Дирекционный угол.

B. Азимут.

C. Румб.

D. Примычный угол.

E. Острый угол.

38. Горизонтальный угол между направлением меридиана в данной точке и линией, параллельной оси абсцисс:

A. Склонение магнитной стрелки.

B. Румб.

C. Дирекционный угол.

D. Азимут.

E. Сближение меридианов.

39. Чему равен дирекционный угол линии, если ее румб равен  $C3:10^{\circ}20'$ :

A.  $280^{\circ}20'$

B.  $349^{\circ}40'$

C.  $10^{\circ}20'$

D.  $169^{\circ}40'$

Е.  $190^{\circ}20'$

40. По значению дирекционного угла линии  $195^{\circ}30'$  вычислить значение румба:

А. СВ:  $5^{\circ}30'$ .

В. ЮЗ:  $15^{\circ}30'$ .

С. ЮЗ:  $74^{\circ}30'$ .

Д. ЮВ:  $115^{\circ}30'$ .

Е. ЮВ:  $125^{\circ}30'$ .

41. Какой из перечисленных обратных дирекционных углов соответствует прямому дирекционному углу  $210^{\circ}$ :

А.  $30^{\circ}$ .

В.  $-30^{\circ}$ .

С.  $60^{\circ}$ .

Д.  $150^{\circ}$ .

Е.  $-60^{\circ}$ .

42. Сравнение длины рабочего мерного прибора с эталоном:

А. Трансформация.

В. Исследование.

С. Компарирование.

Д. Поверка.

Е. Проверка.

43. Вертикальная плоскость, проходящая через концы измеряемой линии:

А. Зенит.

В. Горизонтальное приложение.

С. Заложение.

Д. Створ измеряемой линии.

Е. Горизонт.

44. Двукратное измерение угла при двух положениях круга теодолита КЛ и КП называют:

А. Полным приемом.

В. Полуприемом.

С. Круговыми приемами.

Д. Способом комбинаций.

Е. Способ повторения.

45. Отсчет по лимбу вертикального круга при горизонтальном положении визирной оси и оси уровня (при алидаде вертикального круга), называют:

А. Румбом.

В. Местом нуля (МО).

С. Коллимационной погрешностью.

Д. Эксцентриситетом алидады.

Е. Углом наклона.

46. Проверка выполнения у теодолита ряда геометрических условий называется:
- А. Ремонт.
  - В. Юстировкой.
  - С. Поверками.
  - Д. Исследованием.
  - Е. Испытанием.
47. Для чего предназначена сетка нитей зрительной трубы:
- А. Точного визирования на предметы.
  - В. Приведения в нуль пункт.
  - С. Увеличения предмета.
  - Д. Закрепления зрительной трубы.
  - Е. Снятия отчета.
48. К каким методам относятся аналитический, графический, механический:
- А. Методы обновления.
  - В. Способы определения площадей.
  - С. Способы измерений по карте.
  - Д. Виды съемок.
  - Е. Виды корректировки.
49. Площадь полигона аналитическим способом вычисляется через:
- А. Приращения координат и координаты вершин.
  - В. Приращения координат.
  - С. Координаты вершин.
  - Д. Геометрические фигуры.
  - Е. Треугольник.
50. Теодолитный ход, у которого привязан только один конец, называется:
- А. Разомкнутым.
  - В. Диагональным.
  - С. Полигоном.
  - Д. Висячим.
  - Е. Замкнутым.
51. Ход, проложенный внутри полигона для съемки ситуации:
- А. Диагональный.
  - В. Замкнутый.
  - С. Висячий.
  - Д. Свободный.
  - Е. Разомкнутый.
52. Привязка теодолитного хода заключается в измерении:
- А. Примычных углов.
  - В. Координат.
  - С. Расстояний.
  - Д. Площадей.

- Е. Румбов.
53. Обхода, перпендикуляров, полярный, засечек, створов:
- А. Методы передачи высот.
  - В. Методы съемки ситуации.
  - С. Методы приложения теодолитных ходов.
  - Д. Методы привязки.
  - Е. Методы перенесения проекта в натуру.
54. По координатам одного конца А ( $X_A$  и  $Y_A$ ) линии АВ, по дирекционному углу этой линии АВ и её горизонтальному проложению  $S_{AB}$  вычисляют координаты другого конца В этой линии ( $X_B$  и  $Y_B$ ):
- А. Прямая засечка.
  - В. Обратная засечка.
  - С. Линейная засечка.
  - Д. Прямая геодезическая задача.
  - Е. Обратная геодезическая задача.
55. По координатам концов линии АВ вычисляют дирекционный угол и горизонтальное приложение этой линии:
- А. Обратная геодезическая задача.
  - В. Прямая геодезическая задача.
  - С. Прямая засечка.
  - Д. Обратная засечка.
  - Е. Линейная засечка
56. Разность между практическим и теоретическим значением величины называется:
- А. Точностью.
  - В. Масштабом.
  - С. Невязкой.
  - Д. Поправкой.
  - Е. Превышением.
57. Основные виды работ при производстве теодолитной съемкой:
- А. Проложение хода и съемка ситуации.
  - В. Рекогносцировка и съемка ситуации.
  - С. Проложение хода и съемка рельефа.
  - Д. Съемка ситуации и рельефа.
  - Е. Съемка рельефа.
58. Методы геометрического нивелирования:
- А. Прямо и обратно.
  - В. Вперед и из середины.
  - С. Геометрический и тригонометрический.
  - Д. Барометрический и гидростатический.
  - Е. Непосредственный и косвенный.
59. Отвесное расстояние от уровненной поверхности до визирной оси нивелира (высота визирного луча):
- А. Абсолютная высота точки.

- В. Относительная высота точки.
  - С. Горизонт прибора.
  - Д. Высота точки.
  - Е. Превышение.
60. Вид работ, выполняемый с помощью прибора – нивелира:
- А. Тахеометрическая съемка.
  - В. Мензурная съемка.
  - С. Стереотопографическая съёмка.
  - Д. Нивелирование.
  - Е. Теодолитная съемка.
61. Рассчитать значение горизонта прибора, если высота точки  $H_B=125,500\text{м}$  и отсчет (взгляд) на нее:  $b=1100$ :
- А.  $126,000\text{м}$ .
  - В.  $127,100\text{м}$ .
  - С.  $124,400\text{м}$ .
  - Д.  $126,600\text{м}$ .
  - Е.  $125,900\text{м}$ .
62. Нижний конец нивелирной рейки называется:
- А. Основанием.
  - В. Осью.
  - С. Пяткой.
  - Д. Башмаком.
  - Е. Подошвой.
63. Нивелирные ходы закрепляются на местности:
- А. Кольями.
  - В. Вехами.
  - С. Реперами и марками.
  - Д. Башмаками.
  - Е. Гвоздями.
64. Что обозначает «тахеометр» с греческого:
- А. Быстрое измерение.
  - В. Вычисление углов.
  - С. Приблизительное измерение.
  - Д. Графическое измерение.
  - Е. Изменяемое измерение.
65. Отличие тахеометрической съемки от теодолитной:
- А. План местности составляется в поле.
  - В. Производится съемка небольших участков.
  - С. Не производится съемка рельефа местности.
  - Д. Производится съемка рельефа местности.
  - Е. Снимается контур.
66. Какие приборы применяются при методе полярных координат:
- А. Лента и рулетка.
  - В. Лента и эккер.

- C. Теодолит и лента.
  - D. Буссоль и лента.
  - E. Теодолит и нивелир.
67. В какой съемке ситуация и рельеф снимаются вместе:
- A. Нивелирная
  - B. Фототеодолитная.
  - C. Тахеометрическая.
  - D. Мензуральная
  - E. Теодолитная
68. Каким прибором вычисляют значения тригонометрического нивелирования:
- A. Теодолит.
  - B. Лента.
  - C. Барометр.
  - D. Экер.
  - E. Нивелир.
69.  $h=4$  м,  $S= 100$ м, вычисли наклон:
- A. 40,0.
  - B. 0,40.
  - C. 4,0.
  - D. 0,04.
  - E. 400,0.
70. Каким способом измеряют высоту геодезических сетей:
- A. Только с геометрическим нивелированием.
  - B. Гидростатическое нивелирование.
  - C. Барометрическое и фотограмметрическое нивелирование.
  - D. Всеми способами.
  - E. Геометрическим и тригонометрическим нивелированием.



## Глоссарий

**Аэрофотосъемка** – фотографирование местности с самолета или какого – либо другого летательного аппарата. Аэрофотоснимки применяются для создания топографических карт.

**Базис геодезический** – расстояние между двумя закрепленными на местности точками, измеренные с высокой точностью и служащие для определения длин сторон триангуляции.

**Башмак** – металлическая подставка в виде диска для установки на нее нивелирной рейки.

**Буссоль** – прибор для измерения на местности магнитных азимутов или румбов.

**Веха, вешка** – для визирования и провешивания линий на местности, обычно представляет собой шест, раскрашиваемый контрастными полосами определенной длины.

**Глазомерная съемка** – упрощенный способ топографической съемки с целью быстрого получения наглядного и приближенного по точности схематического плана участка местности. Выполняется с помощью компаса, визирной линейки и циркуля на листе бумаги.

**Знак геодезический** – деревянное или металлическое сооружение над центром геодезического пункта, служащее объектом визирования на пункт и для подъема прибора над землей при угловых и линейных измерениях на пункте.

**Кронштадтский футшток** – это эталон, определяющий нулевую высоту, то есть уровень Балтийского моря.

**Крутизна ската** – угол, образуемый направлением ската с горизонтальной плоскостью в данной точке. Крутизна ската на топографических картах определяется по графику заложений.

**Легенда** – пояснение к условным знакам карты. Иногда в легенде приводятся также некоторые дополнительные сведения о местности, не отображаемые на карте.

**Мензульная съемка** – вид топографической съемки, выполняемый непосредственно на местности при помощи мензулы и кипрегеля. В настоящее время применяется редко.

**Местность** – часть (участок, район) земной поверхности со всеми ее элементами. К основным элементам местности, отображаемым на топографических картах, относятся *рельеф, населенные пункты, дорожная сеть, гидрография, растительный покров.*

**Микрометрические винты** - наводящие винты, которые сообщают малое и плавное вращение закрепленным частям.

**Наземная стереофотосъемка** - метод создания топографических карт по стереоскопическим парам фотоснимков, полученных с точек земной поверхности. Применяется для съемки фотокамера и теодолит.

**Невязка** – численное значение невыполнения математического условия между измеренными величинами, возникающая вследствие ошибок

результатов измерений этих величин.

**Планшет** – лист плотной бумаги, наклеенный на жесткую основу и предназначенный для производства на нем топографической съемки.

**Привязка геодезической сети** – включение в создаваемую сеть элементов ранее проложенной сети в качестве исходной основы или с целью присоединения к ней.

**Примычный угол** – угол, измеренный на исходном пункте между начальным направлением или направлением на заданную точку.

**Створ измеряемой линий** – вертикальная плоскость, проходящая через конечные точки линии.

**Эккер** – прибор, служащий для построения на местности прямых углов и применяемый при съемке ситуации и разбивке кривых.

**Эклиметр** – прибор для измерения углов наклона линий с точностью до десятых долей градуса.

**Элевационный винт** (в переводе от лат. elevator - поднимающий) – винт с приспособлением, позволяющим изменить в небольших пределах наклон зрительной трубы нивелира [13].

## Список использованной литературы

1. Поклад Г.Г, Гриднев С.П. – «Геодезия», учебное пособие для ВУЗов, 2007г.
2. Глинский С.П. и др. – «Геодезия», уч. пос. для техникумов. «Геодезиздат», 1995 г.
3. Нұрпейісова М. – «Геодезия». Астана. «Фолиант» , 2010 г.
4. Қалыбеков Т.- «Геодезия мен топография негіздері». Алматы. «Ана тілі», 1993 г.
5. Интернет ресурсы: [www.gsi.ru](http://www.gsi.ru), [geodezia.ru](http://geodezia.ru), [geocartography.ru](http://geocartography.ru), [studfiles.net](http://studfiles.net), [geokniga.org](http://geokniga.org), [geocourse.kz](http://geocourse.kz) и т.д.
6. Куштин И.Ф. «Геодезия». Москва. Феникс, 2009 г.
7. Киселев М.И.. «Геодезия». Москва. Академия, 2014 г.
8. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000; 1:2000; 1:1000; 1:500. Москва. «Недра», 1989 г.
9. Ассур В.Л., Муравин М.М. Руководство по летней геодезической и топографической практике. Москва. Недра, 1985.
10. Руководство по топографическим съемкам. Москва. «Недра», 1981 г
11. Воронова А.С. «Сборник контрольных вопросов по геодезии», 2009г.
12. Инструкция по топографическим съемкам в масштабе 1:5000; 1:2000; 1:1000; 1:5000. Москва «Недра», 1982 г.
13. Хинкис Г.Л., Зайченко В.Л. «Словарь терминов, употребляемых в геодезической и картографической деятельности». Москва. Проспект, 2009 г.

РАЙМБЕКОВА А.Т., КАДЫЛБЕКОВ Д.Т.,  
АБДРАХМАН Н., ЕРГОЖИН А.С.

## ОСНОВЫ ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ

Подписано в печать 10.12.2018 г.  
Формат 60\*84 1/8  
Печать цифровая  
Усл. печ. л. 15,7. Тираж 32 экз.

Отпечатано компания «Профи Полиграф»