

Шығыс Қазақстан облысы өкімдігінің білім
басқармасы
КМҚК «Геология барлау колледжі»
КМҚК



КГКП «Геологоразведочный
колледж» управления
образования Восточно-
Казахстанского областного
акимата

Методическое указание по геодезической практике для специальности

**0701000 «Геологическая съемка, поиск и разведка МПИ»
0703000 «Гидрогеология и инженерная геология»
0704000 «Геофизические методы поисков и разведки
месторождений полезных ископаемых»**

Жакупбаева Д.Е.

**Методическое указание по
геодезической практике
для специальностей**

0701000 «Геологическая съемка, поиск и разведка МПИ»

0703000 «Гидрогеология и инженерная геология»

0704000 «Геофизические методы поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых»

Цели и задачи

Рабочая программа предназначена для обучающихся на базе основного и среднего общего образования по квалификациям повышенного уровня и специалиста среднего звена.

Рабочей программой предусмотрено проведение учебной геодезической практики после изучения теоретического курса дисциплины «Основы геодезии и маркшейдерского дела». Проведение учебной геодезической практики позволяет достичь не только закрепления и углубления теоретических знаний и приобретения практических навыков по дисциплине, но и представляет возможность обучающимся получать определенный уровень знаний (что методически очень важно) для дальнейшего овладения новыми, особенно профилирующими геологическими дисциплинами, изучаемыми после прохождения учебной геодезической практики

Общие сведения

Масштаб – отношение длины линии на плане или карте к длине горизонтального проложения соответствующей линии на местности.

Горизонтальное проложение – это проекция линии местности на горизонтальную плоскость.

Масштабы подразделяются на численный, именованный, линейный и поперечный.

Численный масштаб – дробь с числителем и знаменателем, показывающим степень уменьшения горизонтального проложения при изображении его на карте или плане. На топографических картах численный масштаб подписывается внизу листа карты в виде 1:М, например 1:10 000. Масштаб 1:10 000 означает, что 1 см на плане соответствует 10 000 см (100 м) на местности.

Именованный масштаб выражает в словесной форме количество метров или километров, соответствующее 1 см карты или плана, например «в 1 сантиметре 50 метров», что соответствует численному масштабу 1:5 000.

Линейный масштаб представляет собой график в виде отрезка прямой, разделенного на равные части, называемые **основанием масштаба**, с подписанными значениями, соразмерными длинам линий на местности. Он является графическим представлением численного масштаба.

Поперечный масштаб – это графический масштаб в виде номограммы, применяется для измерений и построений повышенной точности. Как правило, поперечный масштаб гравировают на металлических пластинах, линейках и транспортирах. Принцип построения следующий: на прямой АБ откладывают несколько оснований масштабов, равных 2 см; затем из концов оснований восстанавливают перпендикуляры длиной 2-3 см; крайние перпендикуляры делят на десять равных отрезков и через них проводят прямые, параллельные АБ (рис. 1.1).

Крайнее левое основание (снизу и сверху) делят также на 10 равных частей. Затем точку О основания соединяют с точкой Г, а через остальные точки (от 1 до 9) деления основания проводят наклонные линии, параллельные ОГ. Полученные линии называют **трансверсалиями**. Построенный таким образом масштаб с основанием 2 см называется нормальным или сотенным поперечным масштабом.

В треугольнике ГОС имеем 10 подобных треугольников. Величина основания каждого малого треугольника находится в зависимости от отношения его высоты к высоте треугольника ГОС. Отсюда следует, что основания малых треугольников дают возможность определить сотые доли от основания масштаба, т.е. в первом малом треугольнике его основание **dc** составляет 0,01 основания АО и называется наименьшим делением поперечного масштаба. Основания второго, третьего и следующих малых треугольников соответственно составляют 0,02, 0,03 и т.д. от основания масштаба.

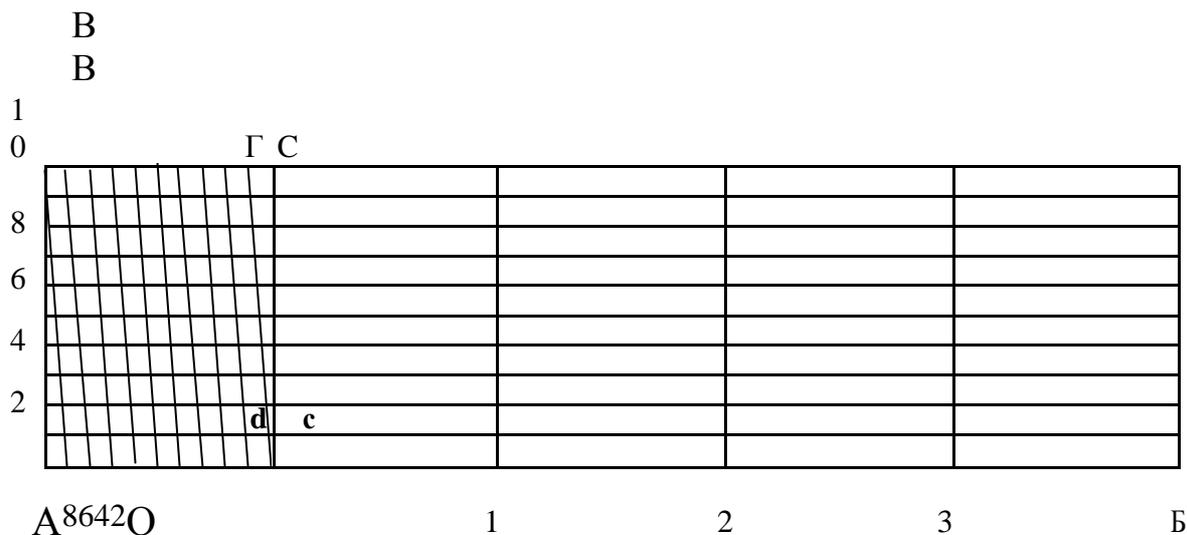


Рис. 1.1. Поперечный сотенный масштаб

Так, например, на поперечном сотенном масштабе 1:2 000, вправо от нуля, основаниям придаются значения: 40, 80, 120, 160 м. Слева от нуля, через одно значение, подписывают: 8, 16, 24, 32, 40 м. Строят перпендикуляры влево и через одно значение подписывают основания малых треугольников согласно принятому масштабу основания: 0,8, 1,6, 2,4, 3,2, 4,0 м (рис. 1.3).

Точность масштаба – это предельная возможность измерения и построения отрезков на планах и картах, составляющая 0,1 мм. Соответствующее ей число метров местности в масштабе плана или карты представляет собой предельную точность данного масштаба. Так, для карты масштаба 1:25 000 точность составит 2,5 м, для карты 1:10 000 – 1 м и т.д.

Порядок выполнения работы

Задание. Для определения горизонтального проложения линии на местности, если на топографическом плане масштаба 1:2 000 оно равняется 2,4 см, то умножим эту цифру на 2 000:

$$2,4 \cdot 2\,000 = 4\,800 \text{ (см)} = 48 \text{ (м)}.$$

Эту же задачу можно решить другим способом:

$$\begin{aligned} &\text{масштаб } 1:2\,000, \\ &\text{в } 1 \text{ см} - 2000 \text{ см;} \\ &\text{в } 1 \text{ см} - 20 \text{ м, тогда} \\ &2,4 \cdot 20 = 48 \text{ (м)}. \end{aligned}$$

Задание. Для определения длины отрезка на топографическом плане масштаба 1:10 000 запишем общую формулу масштаба:

$$\frac{1}{M} = \frac{S_{пл}}{S_M}$$

где M – знаменатель численного масштаба;

$S_{пл}$ – длина горизонтального проложения линии на плане;

S_M – длина горизонтального проложения линии на местности.

Поскольку для масштаба 1:10 000 в 1 см 100 м, то:

$$S_{пл} = \frac{S_M}{10\,000} = \frac{273,5}{100} = 2,735 \approx 2,7 \text{ (см)}.$$

Задание. Определить длину линии на местности S_M , если ее длина на плане $S_{пл}=4,3$ см, а масштаб плана 1:10 000.

Решение:

1 см на плане соответствует на местности

$$n=10\,000:100=100 \text{ м.}$$

Длину линии на местности определяем по формуле:

$$S_M = S_{пл} * n,$$

где n -число метров на местности, соответствующих 1 см на плане при заданном масштабе,

$$S_M = 4,3 * 100 = 430 \text{ м.}$$

Задание. Принцип построения следующий: прочерчивают прямую линию, на ней откладывают несколько отрезков, равных 2 см. Затем первый отрезок или основание делят на 10 частей, каждая десятая часть основания называется наименьшим делением; в конце каждого основания справа и слева от нуля подписывают длину линии соответственно численному масштабу (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Линейный масштаб 1:2 000

Недостатком линейного масштаба является то, что доли наименьшего деления отсчитываются на глаз.

Задание. Для определения горизонтального проложения линии на местности, равного 84,5 м, на топографическом плане масштаба 1:2 000 сначала строят поперечный масштаб. Чтобы отложить на нем горизонтальное проложение линии АВ на местности, равное 84,5 м, вправо от нуля имеем 2 основания (т.е. 80 м), с левой стороны одно деление (т.е. 4 м). Далее 0,5 м возьмем на глаз, поднимаясь вверх по наклонной прямой (трансверсали), поскольку значение находится между 0,4 и 0,8 м (рис. 1.3). Горизонтальное проложение линии АВ на местности составит: $80 + 4 + 0,5 = 84,5$ (м).

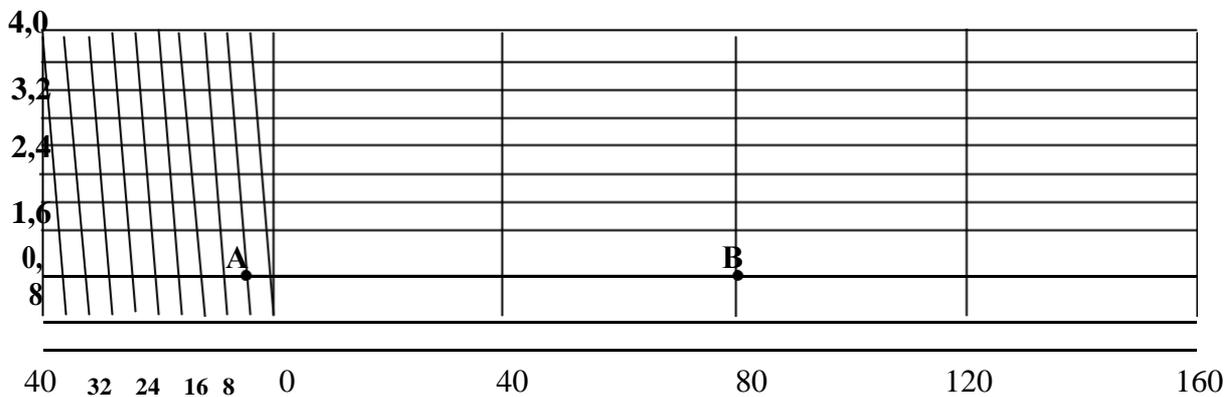


Рис. 1.3. Поперечный сотенный масштаб 1:2 000

Задание . Точностью масштаба называется наименьшая длина линии на местности, меньше которой на плане или карте нельзя различить невооруженным глазом отдельные детали местности, она составляет 0,1 мм в масштабе карты или плана. Для масштаба 1:2 000 она составит:

$$1 \text{ см} = 20 \text{ м},$$

$$1 \text{ мм} = 2 \text{ м},$$

$$0,1 \text{ мм} = 0,2$$

м.

Задание . Определить численный масштаб плана М, если длина линии на местности $S_M=132,5$, а ее длина на плане $S_{пл}=5,3$ см.

$$M = \frac{S_{пл}}{S_M} = \frac{1}{(S_M \cdot 100) : S_{пл}}$$

$$M = \frac{5,3 \text{ см}}{132,5 \text{ м}} = \frac{1}{(132,5 \cdot 100) : 5,3} = \frac{1}{2500}$$

2.1. Общие сведения о системах координат на картах и планах

По топографическим картам положение точек земной поверхности определяют в двух системах координат: геодезической и государственной системе прямоугольных координат.

Сторонами листа топографической карты служат дуги меридианов и параллелей (рис. 3). Они образуют трапецию – внутреннюю рамку карты. В каждом углу рамки подписаны его геодезические (географические) координаты – широта и долгота. Рядом с внутренней расположена минутная рамка, одно полное деление которой соответствует одной минуте, которая разделена точками на 6 интервалов по 10 угловых секунд. За минутной располагается внешняя (оформительская) рамка карты.

Над северной стороной внешней рамки карты подписана номенклатура (нумерация) листа карты, приводится название самого крупного (в пределах листа) населенного пункта.

Топографические планы масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 составляются и издаются листами с квадратной разграфкой. Рамками таких листов служат координатные линии системы плоских прямоугольных координат. Размер листа плана масштаба 1:5000 40x40 см, для планов других масштабов – 50x50 см.

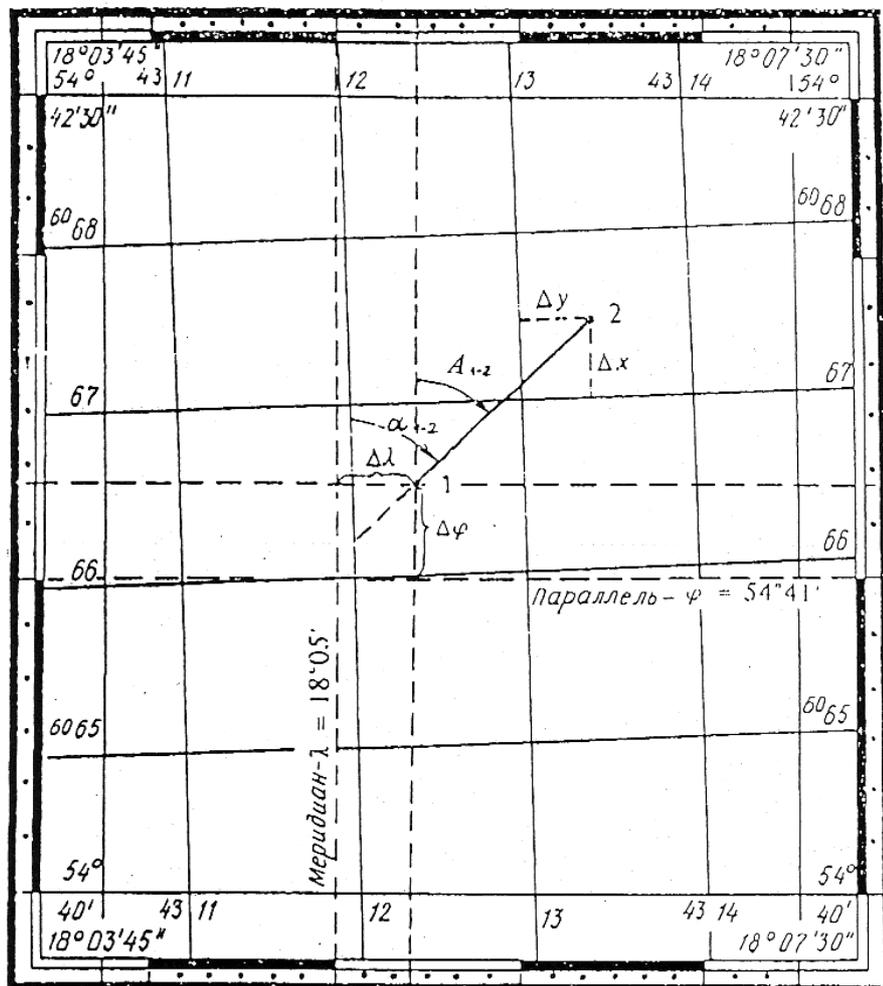


Рис. 3. К определению по карте геодезических и прямоугольных координат точек, азимута и дирекционного угла линии

2.1.1. Геодезическая (географическая) система координат

В геодезической системе координат положение точки на поверхности земного эллипсоида определяется широтой и долготой. Широта B – угол между нормалью к поверхности эллипсоида в данной точке и плоскостью экватора. Долгота L – двугранный угол между плоскостями начального (Гринвичского) меридиана и меридиана данной точки. В астрономической системе координат используется отвесная линия, а широта и долгота обозначаются буквами φ и λ соответственно. При решении практических инженерно-геодезических задач геодезическую и астрономическую системы координат

объединяют общим названием – географическая система координат, в которой широта φ и долгота λ приравниваются, соответственно, B

и L .

Для определения географических координат опускают перпендикуляры из заданной точки на ближайшие стороны минутной рамки (рис. 3).

Координаты точки 1:

$$\varphi_1 = 54^\circ 41' + \Delta\varphi = 54^\circ 41' + 17'' = 54^\circ 41' 17'';$$

$$\lambda_1 = 18^\circ 05' + \Delta\lambda = 18^\circ 05' + 24'' = 18^\circ 05' 24''.$$

2.1.2. Государственная система прямоугольных координат

Для составления топографических карт в нашей стране применяется проекция Гаусса. В проекции Гаусса земной эллипсоид делится на зоны, ограниченные двумя меридианами. Протяженность зоны по долготе 6° . Счет зон ведут от начального меридиана на восток.

В пределах каждой зоны поверхность эллипсоида проецируется на плоскость при сохранении величины углов между направлениями (равно-угольная проекция Гаусса). Средний (осевой) меридиан зоны и экватор изображаются прямыми и взаимно перпендикулярными линиями, которые и принимают за оси прямоугольной системы координат. Осевой меридиан зоны принимают за ось абсцисс (X) с положительным направлением на север от экватора, а линию экватора принимают за ось ординат (Y), с положительным направлением на восток (рис. 4).

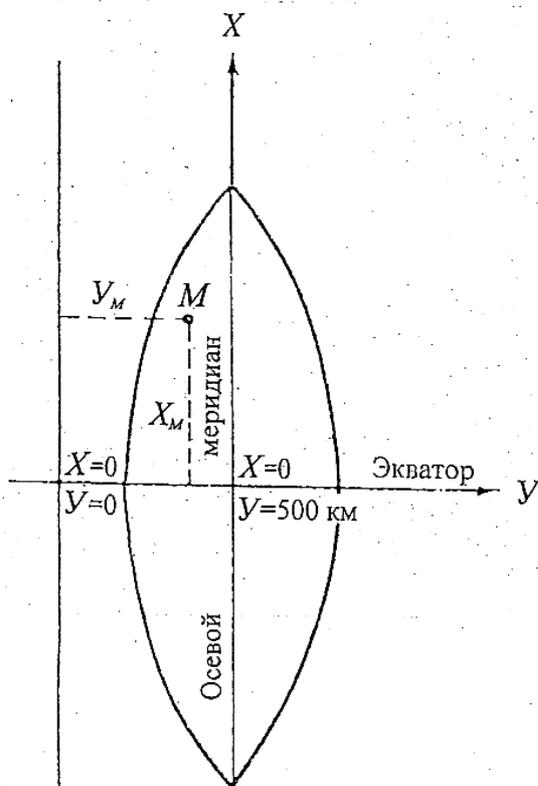


Рис. 4. Система прямоугольных координат зоны

Параллельно осям X и Y на картах масштаба 1:10 000 и планах всех масштабов проводят через 10 см линии координатной сетки.

Координатные линии на картах всех масштабов и на планах

масштабов 1:5000 и 1:2000 подписывают в километрах, а на планах масштабов 1:1000 и 1:500 – в метрах.

В каждой зоне своя система координат. Чтобы не иметь в пределах зоны отрицательных ординат, осевому меридиану зоны присваивается $U = 500$ км, поскольку даже на экваторе это перекрывает отрицательные ординаты 6° - зоны. Кроме того, перед ординатой указывается номер зоны.

Поэтому подпись *вертикальной* координатной линии 4311 (см. рис. 3) означает: линия расположена в 4-й зоне к западу от осевого меридиана на расстоянии 189 км ($U' = 311 - 500 = -189$ км). Подписи *горизонтальных* координатных линий на карте обозначают расстояние от экватора в километрах.

Для определения прямоугольных координат X и U точки 2 на карте (см. рис. 3) нужно из этой точки опустить перпендикуляры на ближайшие координатные линии и измерить длины этих перпендикуляров $\otimes X$ и $\otimes U$ с помощью измерителя и масштабной линейки. К значениям абсциссы и ординаты соответствующих координатных линий нужно прибавить полученные значения приращений координат:

$$X_2 = 6067 \text{ км} + \Delta X = 6067 \text{ км} + 0,476 \text{ км} = 6067,476 \text{ км};$$

$$U_2 = 4313 \text{ км} + \Delta U = 4313 \text{ км} + 0,381 \text{ км} = 4313,381 \text{ км}.$$

А для пояснения, в каком месте зоны № 4 расположена точка 2, выполняют вычисления:

$$U'_2 = 313,381 \text{ км} - 500 \text{ км} = -186,619 \text{ км}.$$

Точка 2 с такими координатами находится в 4-й шестиградусной координатной зоне на расстоянии 6067,476 км к северу от экватора и на расстоянии 186,619 км к западу от осевого меридиана этой зоны.

На планах всех масштабов показывают не сами координатные линии, а их пересечение крестами зеленого цвета. Для определения координат X и U на плане через центры пересечений проводят (восстанавливают) координатные линии, ближайшие к данной точке. Остальные действия аналогичны определению прямоугольных координат точек на карте. Обычно планы составляются в местной системе координат, поэтому не нужно описывать, что означают найденные координаты.

Ориентирование направлений

Общие сведения

Ориентировать линию – значит определить ее направление относительно другого, принятого за начальное. В геодезии за начальное направление принимают:

- географический (истинный) меридиан точки;
- осевой меридиан зоны;
- магнитный меридиан точки.

Ориентирный угол – угол между начальным направлением и направлением данной линии, отсчитанный по ходу часовой стрелки.

Магнитный меридиан – проекция оси свободно подвешенной стрелки на уровенную поверхность.

Осевой меридиан – средний меридиан зоны в проекции Гаусса.

Горизонтальный угол – линейный угол двугранного угла между отвесными проектирующими плоскостями, проходящими соответственно через стороны угла на местности, отсчитываемый по ходу часовой стрелки. Обозначается β , изменяется от 0 до 360°.

Истинный (географический) азимут – горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления географического (истинного) меридиана, проходящего через данную точку, до направления данной линии по ходу часовой стрелки. Обозначается A , изменяется от 0 до 360° (рис. 2.1а).

Сближение меридианов – горизонтальный угол между касательными к двум меридианам, проходящим через две данные точки, лежащие на одной параллели, называется сближением меридианов, обозначается γ и вычисляется по формуле:

$$\gamma = \Delta\lambda \sin \varphi = (\lambda_1 - \lambda_2) \sin \varphi,$$

где λ_1 и λ_2 – долготы меридианов, проходящие через пункты 1 и 2.

φ – широта параллели, на которой находятся пункты 1 и 2.

Гауссово сближение меридианов является частным случаем сближения меридианов, когда данный пункт находится в зоне проекции Гаусса и определяется по формуле:

$$\gamma = \Gamma(L_i - L_0) \sin B_i,$$

где L_i – геодезическая долгота меридиана в i -м пункте,

L_0 – геодезическая долгота осевого меридиана зоны в проекции

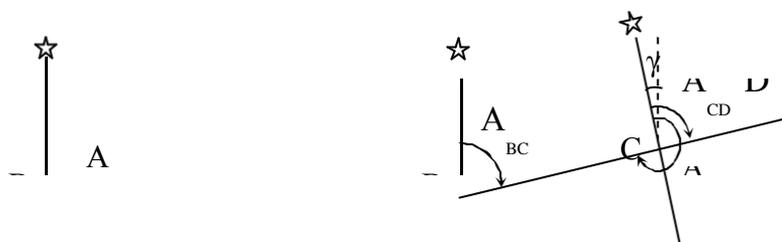
Гаусса, B_i – геодезическая широта i -го пункта.

Значение γ положительное для всех точек зоны к востоку от осевого меридиана (восточное сближение) и отрицательное для всех точек, расположенных к западу (западное сближение).

Азимут прямой линии в разных ее точках имеет разные значения, т.к. меридианы непараллельны между собой. Азимут этой линии в точке С отличается от азимута линии в точке В на величину сближения меридианов точек В и С:

$$A_{CD} = A_{BC} + \gamma.$$

Различают прямое и обратное направления линии, например в точке С линии ВD прямое направление – CD, обратное направление – DC.



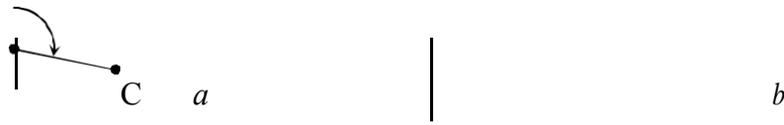


Рис. 2.1. Истинный азимут и сближение меридианов

$$\angle ABC - \angle ACB = 180^\circ - \gamma$$

Прямой и обратный азимуты линии в одной точке различаются ровно на 180° , однако, для разных точек линии это равенство не выполняется (рис. 2.1 б).

Магнитный азимут – горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления магнитного меридиана, проходящего через данную точку, до направления данной линии по ходу часовой стрелки. Обозначается A_M , изменяется от 0 до 360° (рис. 2.2).

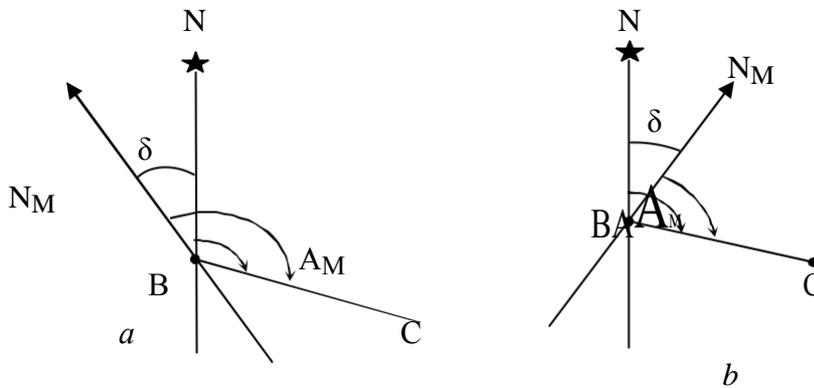


Рис. 2.2. Связь между истинным и магнитным азимутами:

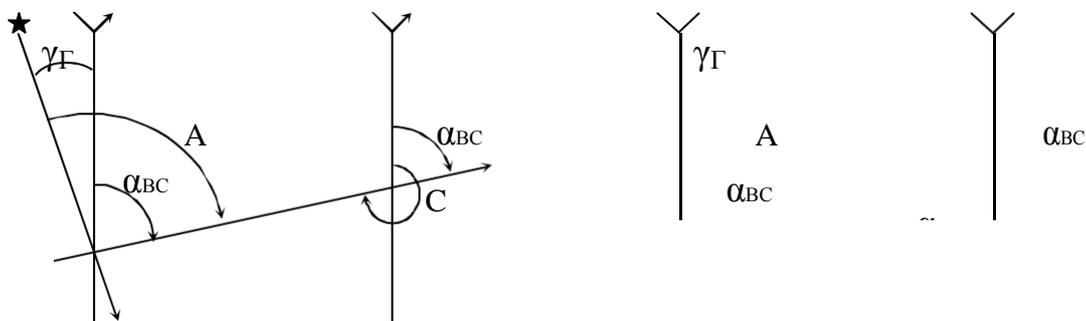
- а – при западном магнитном склонении,
- б – при восточном магнитном склонении

Склонение магнитной стрелки – горизонтальный угол, на который магнитный меридиан отклоняется от истинного в данной точке, обозначается δ . Зависимость между магнитным и географическим азимутами определяется по формуле:

$$A - A_M = \delta$$

Если северный конец магнитной стрелки отклоняется к востоку географического меридиана, то склонение считается восточным и положительным, если к западу, то западным и отрицательным.

Дирекционный угол – горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления осевого меридиана зоны или линии, параллельной ему, до направления данной линии по ходу часовой стрелки. Обозначается α , изменяется от 0 до 360° .



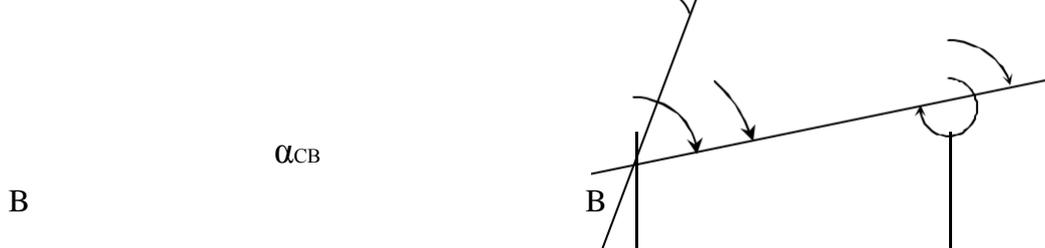


Рис. 2.3. Связь между дирекционным углом и истинным азимутом

Поскольку направление осевого меридиана для зоны одно, то дирекционный угол прямой линии отличается от обратного ровно на 180° и одинаков во всех ее точках. Связь географического азимута и дирекционного угла одной и той же прямой линии выражается (рис. 2.3, табл. 2.1):

$$\alpha \alpha \gamma .$$

Зависимость между горизонтальным углом и дирекционными углами его сторон, называемая передачей дирекционного угла на последующие стороны, имеет вид:

- дирекционный угол следующего направления равен дирекционному углу предыдущего плюс 180° и минус правый по ходу угол (β_{np}) между этими направлениями (рис. 2.4):

$$\alpha_{CD} = \alpha_{BC} + 180 - \beta_{np} ;$$

- дирекционный угол следующего направления равен дирекционному углу предыдущего минус 180° и плюс левый по ходу ($\beta_{лев}$) угол между этими направлениями (рис. 2.4):

$$\alpha_{CD} = \alpha_{BC} - 180 + \beta_{лев} .$$

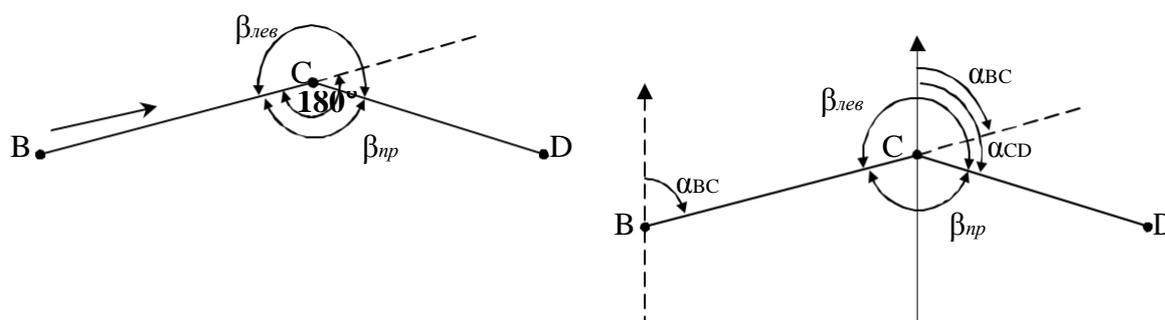
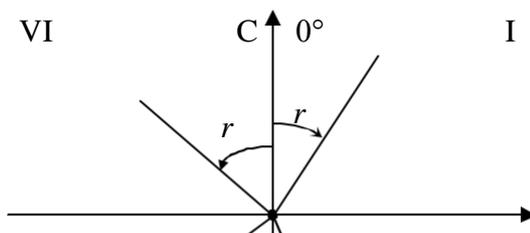


Рис. 2.4. Зависимость между горизонтальным углом и дирекционными углами его сторон

Румб – острый угол, отсчитываемый от ближайшего направления меридиана до направления данной линии. Обозначается r , изменяется от 0 до 90° (рис. 2.5). Название румба зависит от названия меридиана: географический, магнитный или дирекционный.



	270°	90°
	З	В
Ш	r	r
	180°	Ю
		П

Рис. 2.5. Румбы направлений в разных четвертях

Таблица 2.1

Зависимость между азимутами, дирекционными углами и румбами

Четверть	Пределы изменения азимута	Название румба и формула	Формула азимута	Формула дирекционного угла
I	0–90°	СВ: $r=A_1$	$A_1=r_1$	$\alpha_1=r_1$
II	90–180°	ЮВ: $r_2=180^\circ-A_1$	$A_1=180^\circ-r_2$	$\alpha_2=180^\circ-r_2$
III	180–270°	ЮЗ: $r_3=A_3-180^\circ$	$A_3=180^\circ+r_3$	$\alpha_3=180^\circ+r_3$
IV	270–360°	СЗ: $r_4=360^\circ-A_4$	$A_4=360^\circ-r_4$	$\alpha_4=360^\circ-r_4$

Порядок выполнения работы

Задание 1. Пусть магнитный азимут линии АВ, $A_{AB}^M=65^\circ 30'$, склонение магнитной стрелки западное, $\delta=-5^\circ 30'$, тогда географический азимут будет равен (рис. 2.6):

$$A_{AB}^G = A_{AB}^M + \delta = 63^\circ 30' + 5^\circ 30' = 58^\circ 00'.$$

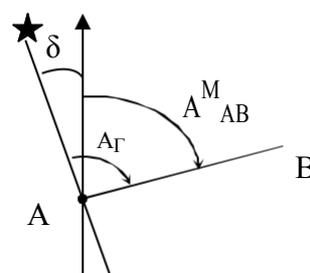


Рис. 2.6. Схема

Задание 2. Дирекционный угол прямой линии АВ, $\alpha_{AB}=315^\circ 20'$, тогда обратный дирекционный угол линии ВА равен (рис. 2.7):

$$\alpha_{обр} = \alpha_{пр} - 180 = 315^\circ 20' - 180 = 135^\circ 20'.$$

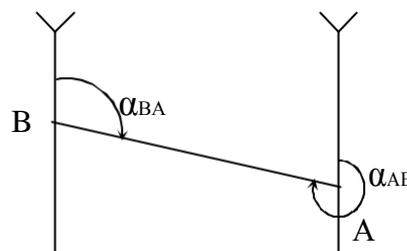


Рис. 2.7. Схема

Задание 3. Поскольку истинным азимутом линии АВ является $A_{AB}^{\Gamma} = 245^{\circ}30'$, и находится он в III четверти, т.е. $270^{\circ} > A_{AB}^{\Gamma} > 180^{\circ}$, то румб линии АВ определяется по формуле (рис. 2.8):

$$r_{AAB}^{\Gamma} = 180 - 245^{\circ}30' + 180 = 65^{\circ}30',$$

ЮЗ: $65^{\circ}30'$.

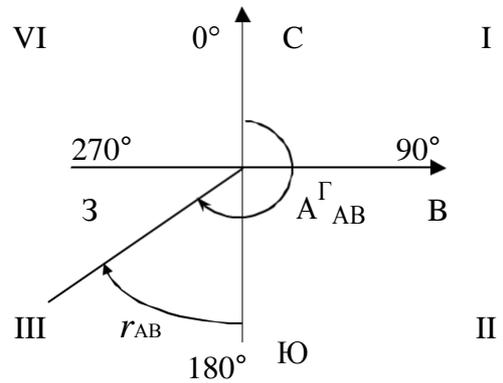


Рис. 2.8. Схема

Задание 4. Зависимость между горизонтальным углом и дирекционными углами его сторон имеет вид (рис. 2.9):

$$\alpha_{34} - \alpha_{23} + 180 = \beta_{лев.}$$

$$\begin{array}{r} 75\ 00' \\ 95\ 20' \\ \hline 175\ 20' \\ 180\ 00' \\ \hline 360\ 00' \\ \hline 350\ 20' \end{array}$$

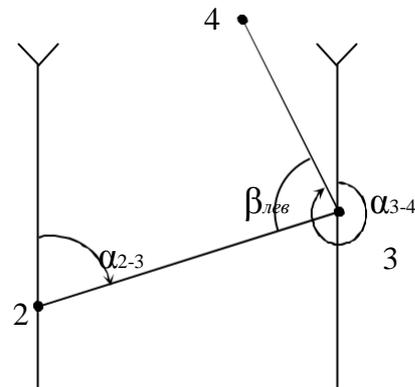


Рис. 2.9. Схема

Задание 5. Поскольку дирекционные углы линий ВА и ВС имеют общую точку В и являются прямыми, то горизонтальный угол АВС определяется следующим образом (рис. 2.10):

$$\angle ABC = \alpha_{BC} - \alpha_{BA} = 280^{\circ}20' - 175^{\circ} = 105^{\circ}20'.$$

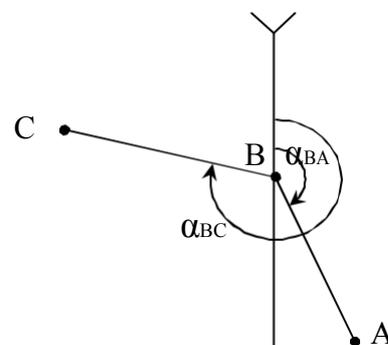


Рис. 2.10. Схема

топографических планов и карт

Общие сведения

Номенклатура – это система нумерации отдельных листов топографических карт и планов разных масштабов. Схема взаимного расположения отдельных листов называется разграфкой (рис. 3.1).

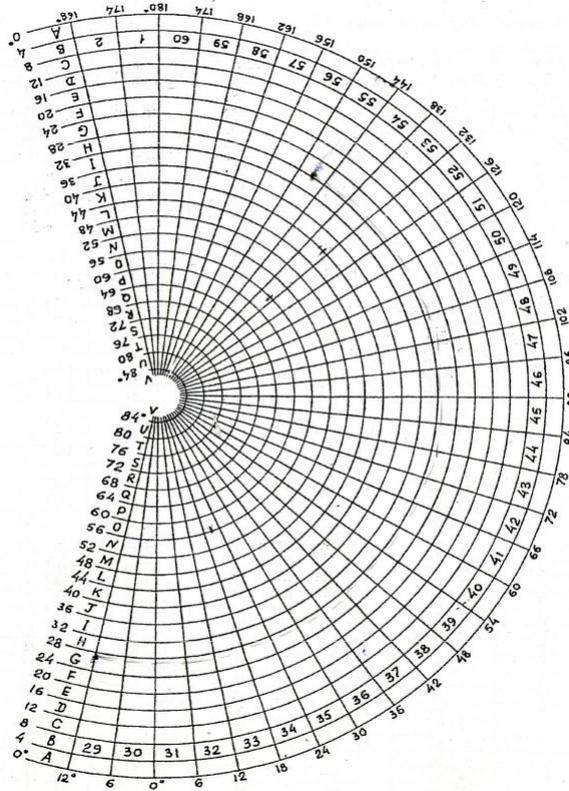


Рис. 3.1. Разграфка листов карты масштаба 1:1 000 000

Карта – уменьшенное изображение на плоскости всей земли в целом или значительных ее частей с учетом кривизны уровенной поверхности.

План местности – изображение в подобном и уменьшенном виде проекции местности на горизонтальную плоскость.

Основой международной номенклатуры и разграфки является лист карты масштаба 1:1 000 000 (рис. 3.2). Вся поверхность Земли условно разделена меридианами и параллелями на трапеции размером 4° по широте и 6° по долготе. Каждая трапеция имеет свою номенклатуру.

Меридиан – это воображаемая линия, образованная секущей плоскостью, проходящей через ось вращения Земли.

Параллель – это воображаемая линия, образованная на поверхности Земли секущей плоскостью, перпендикулярной оси вращения Земли.

Листы карт, на которых изображаются трапеции между двумя соседними параллелями, образуют ряды, обозначаемые заглавными буквами латинского алфавита от А до Z.

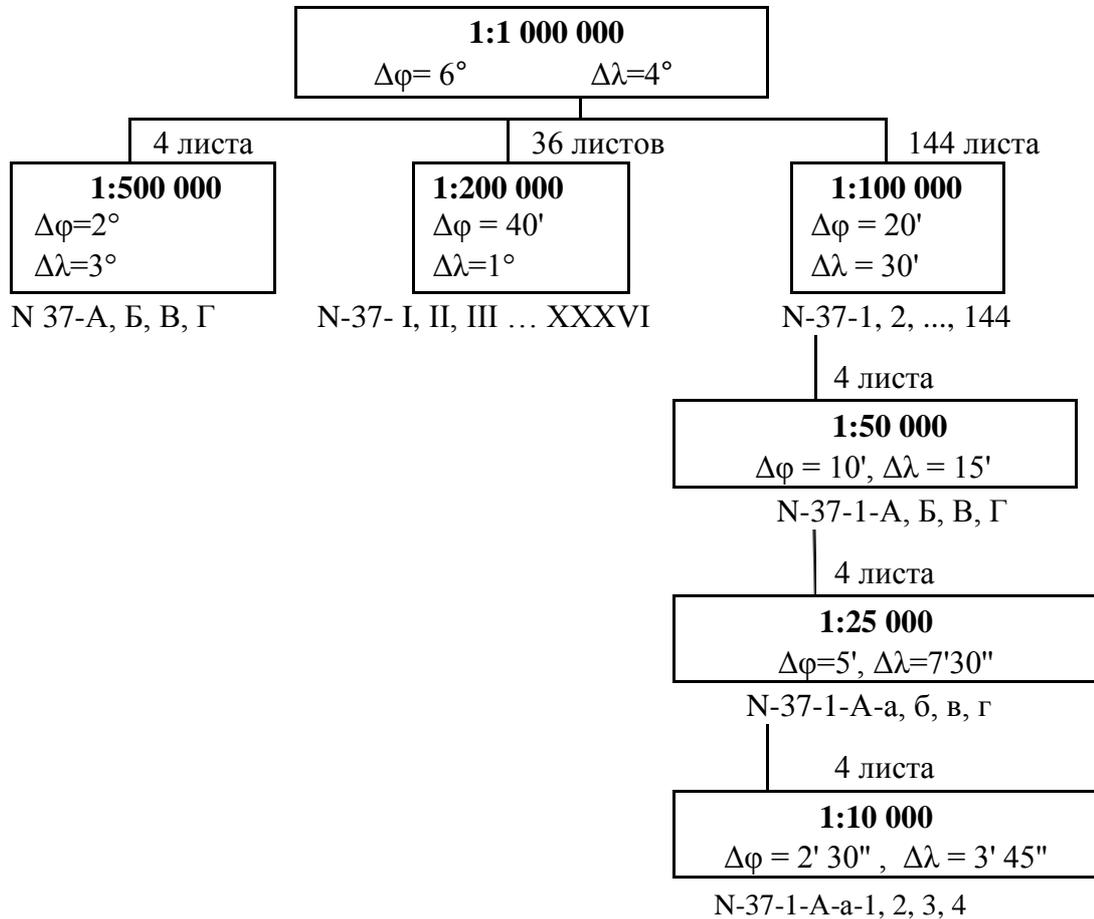


Рис. 3.2. Сводная схема разграфки и номенклатуры топографических карт

Листы карт, на которых изображаются трапеции, расположенные между двумя соседними меридианами образуют колонны. Колонны нумеруются цифрами от 1 до 60, начиная с меридиана 180° (в отличии от нумерации зон в проекции Гаусса, которая начинается с меридиана 0°).

Номенклатура листа карты масштаба 1:1 000 000 складывается из буквы ряда и номера колонны, написанных через дефис, например N-37. Разграфка листов карт последующих более крупных масштабов строится из расчета, чтобы они составляли какое-то целое число в листе карты масштаба 1:1 000 000. Номенклатура таких листов складывается из номенклатуры миллионного листа с добавлением заглавных или строчных букв русского алфавита, римских и арабских цифр.

Разграфка листов крупномасштабных топографических планов производится двумя способами. Для съемки и составления планов на площади

свыше 20 км^2 за основу разграфки принимается лист карты масштаба 1:100 000. Если охватываемая территория менее 20 км^2 , то за основу принимается лист плана масштаба 1:5 000, листы нумеруются на участке съемки номерами от 1 и далее (рис. 3.3).

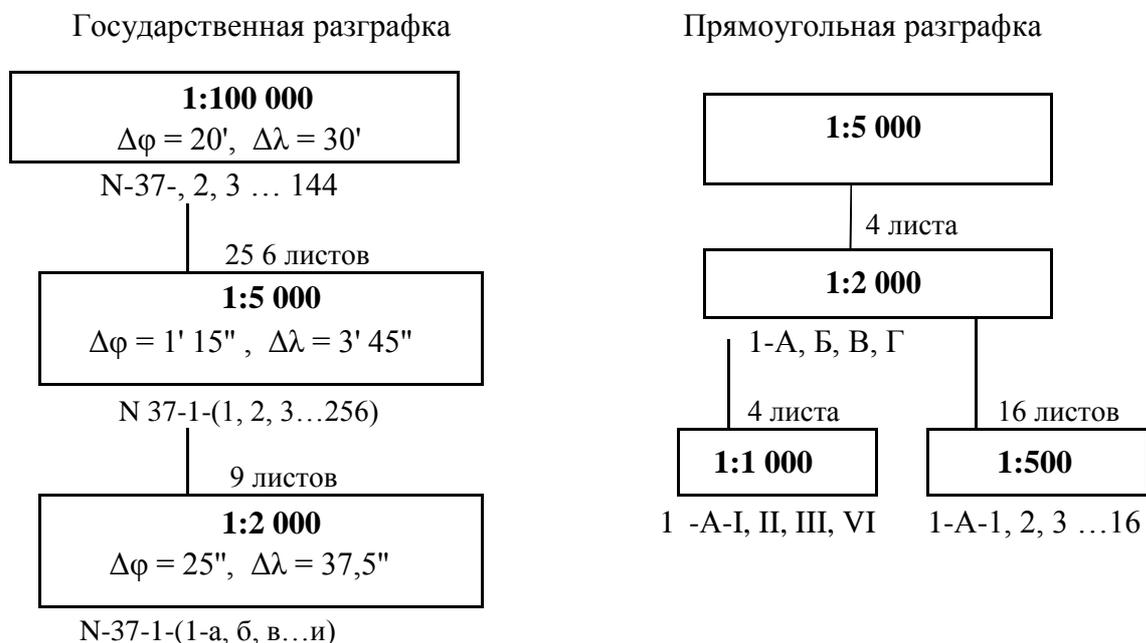


Рис. 3.3. Схема разграфки и номенклатуры крупномасштабных топографических планов

Порядок выполнения работы

Задание 1. По значениям координат пункта найдем номенклатуру листа карты масштаба 1:1 000 000, в котором расположена данная точка.

$$\begin{array}{r} 55 \ 18' \\ \hline 4 \end{array} \quad 13 \ 3 \ 18' \text{ (в остатке)}$$

Следовательно, наша точка находится в ряду с номером 14, которому соответствует буква N (рис. 3.1). Найдем широту северной и южной параллели ряда:

$$\begin{array}{l} \text{СЕВ } 14 \ 4 \ 56, \\ \text{ЮЖ } 56 \ 4 \ 52. \end{array}$$

Найдем номер колонны, для этого разделим значения долготы данной точки $36^\circ 09'$ на 6° , получим:

$$\begin{array}{r} 36 \ 09' \\ \hline 6 \end{array} \quad 6 \ 0 \ 09' \text{ (в остатке).}$$

Следовательно, наша точка расположена в 7-й зоне. Найдем долготу восточного и западного меридианов зоны:

$\lambda_{\text{ВОСТ}} 76 42,$

$\lambda_{\text{ЗАП}} 42 6 36.$

Номер колонны определится, как

$$N n 30,$$

где n – номер зоны.

$$N 73037$$

Таким образом, лист карты масштаба 1:1 000 000, в пределах которого находится заданный пункт, имеет номенклатуру N-37 (рис. 3.4).

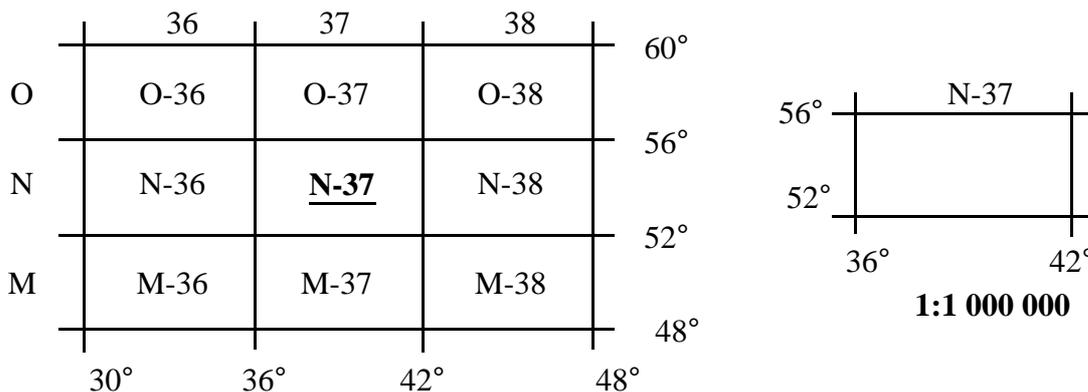


Рис. 3.4. Определения номенклатуры и разграфки листов топографических карт 1:1 000 000

Выполним разграфку листа карты N-37 масштаба 1:1 000 000 на листе карты масштаба 1:100 000. При его делении на 144 части стороны трапеции листов карт масштаба 1:100 000 получают размеры 20' по широте и 30' по долготу.

Определим номер горизонтального ряда в листе карты N-37, в котором находится точка с заданными координатами:

$$\frac{\text{СЕВТОЧ } 56 55 18'}{2020'} \text{ — } 2 02' \text{ (в остатке).}$$

Следовательно, требуемый лист находится в третьем горизонтальном ряду листа N-37. Определим номер колонны в листе карты N-37, в котором находится точка с заданными координатами:

$$\frac{\lambda \lambda \text{ } 36 09 36 00'}{\text{Г ЗАП } 3030'} \text{ — } 0 09' \text{ (в остатке).}$$

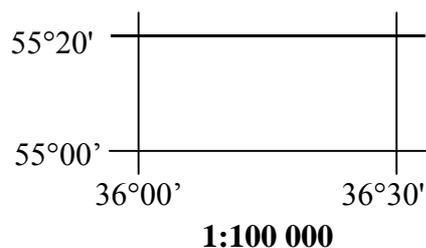
Следовательно, требуемый лист находится в первой колонне листа N-37. Это дает основание определить, что пункт с известными координатами расположен в пределах 25-го листа карты масштаба 1:100 000, в пределах листа N-37 карты масштаба 1:1 000 000 (рис. 3.5).

N-37

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	56°00'	
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	40'	
<u>25</u>											36	20'	
37											24	55°00'	
49											60		
61											72	54°00'	
73											84		
85											96		
97											108	53°00'	
109											120		
121											132		
133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	52°00'	
36°00' 30"		37°00' 30"		38°00'		39°00'		40°00'		41°00'		42°00'	

1:1 000 000

N-37-25



1:100 000

Рис. 3.5. Определение номенклатуры и разграфки листов топографических карт 1:100 000

Найдем координаты углов рамок листа карты N-37-25, широта северной рамки находится как разность широты северной рамки листа N-37 и произведения количества полных горизонтальных рядов до листа карты N-37-25 на размеры в минутах по широте для листа карты масштаба 1:100 000:

$$\text{СЕВ } 56 \text{ (20 } 2) \text{ } 55 \text{ } 20 \text{ .}$$

Координаты южной рамки листа карты N-37-25 составят:

$$\text{ЮЖ } 5520 \text{ } 20 \text{ } 55 \text{ .}$$

Определим координаты восточной и западной рамок карты N-37-25. При этом координаты восточной рамки находятся как сумма долготы западной рамки листа N-37 и произведения количества полных вертикальных колонн, включая колонну, в которой находится точка с заданными координатами. Долгота западной рамки карты N-37-25 определяется аналогично широте южной рамки карты N-37-25. Долгота восточной рамки $36^{\circ}30'$, западной – 36° .

Выполним разграфку листа карты N-37-25 масштаба 1:100 000 на листе карты масштаба 1:50 000 (рис. 3.6). Делением листа карты масштаба 1:100 000 на 4 части получаем лист карты масштаба 1:50 000, размеры которого составляют 10' (минут) по широте и 15' (минут) по долготе. Номенклатура листа карты масштаба 1:50 000, где находится точка с известными географическими координатами – N-37-25-А.

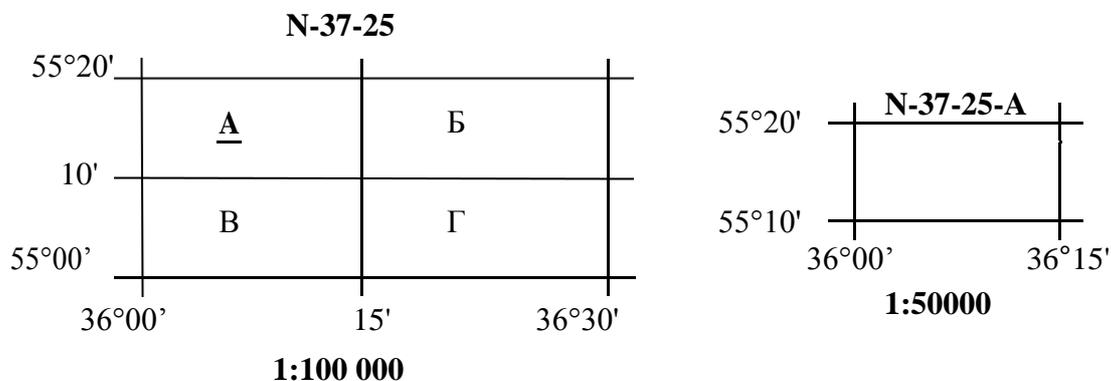


Рис. 3.6. Определение номенклатуры и разграфки листов карт 1:50 000

Разделив лист карты масштаба 1:50 000 на 4 части, получим лист карты масштаба 1:25 000 с размерами рамок 5' (минут) по широте и 7,5' (минут) по долготе. Номенклатура листа карты масштаба 1:25 000 – N-37-25-А-б.

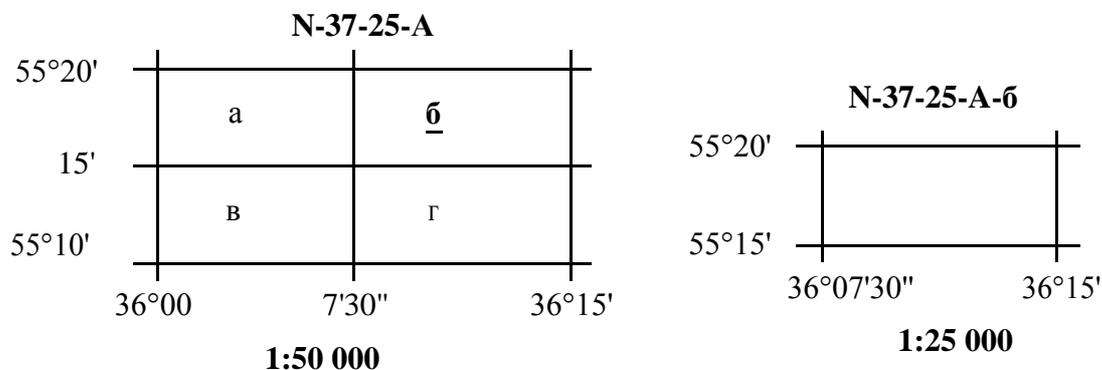


Рис. 3.7. Определение номенклатуры и разграфки листов карт 1:25 000

Задание 2. Следует определить номенклатуру всех прилегающих листов топографических карт к листу карты масштабом 1:25 000 с известными координатами, т.е. номенклатуру 8 смежных листов. Эти листы могут в свою очередь принадлежать не только одному листу карты масштаба 1:100 000, но и находиться на нескольких листах карты масштаба 1:1 000 000.

В соответствии с разграфкой карты масштаба 1:50 000, запишем номенклатуру 3 прилегающих листов карт масштаба 1:25 000, расположенных в пределах листа карты N-37-25-А, а также определим последнюю букву остальных пяти листов масштаба 1:25 000 (рис. 3.8).

	N-37-13-B-в	N-37-13-B-г	N-37-13-Г-в	55°25'
	N-37-25-A-a	<u>N-37-25-A-б</u>	N-37-25-Б-a	55°20'
	N-37-25-A-в	N-37-25-A-г	N-37-25-Б-в	55°15'
				55°10'
	36°00'00"	36°07'30"	36°15'00"	36°22'30"

Рис. 3.8. Схема смежных листов, с листом карты N-37-25-A-б-1

Далее в соответствии с разграфкой листа масштаба 1:100 000 определим прописную букву номенклатуры смежных пяти листов. Аналогично определяются остальные элементы соседних пяти листов (номер листа карты масштаба 1:100 000, номер колонны, буква ряда листа карты масштаба 1:1 000 000).

Основные формы рельефа. Задачи, решаемые на топографических картах и планах

Общие сведения

Рельеф местности – совокупность различных по форме неровностей (понижений и повышений) на физической поверхности Земли. В зависимости от абсолютного значения высот местности различают равнинную, холмистую и горную местности.

Горная местность представляет собой систему прямолинейных или дугообразных горных цепей высотой 500 м и выше над уровнем моря.

Холмистая местность представляет собой резко выраженное чередование возвышенностей и понижений с разностью высот до 200 м.

Равнинная местность представляет собой горизонтальную или с небольшим наклоном плоскую поверхность Земли, имеет слабовыраженные формы рельефа.

Основные формы рельефа: гора, котловина, лощина, хребет, седловина.

Гора – это возвышенность конусообразной формы, наивысшая точка которой называется вершиной. Вершина в виде площадки – плато, вершина остроконечной формы – пик. Боковая поверхность состоит из скатов, линия их слияний с окружающей местностью – подошва, или основание горы. Ее разновидности: курган, холм, бугор, сопка и т.д. (рис. 6.1).

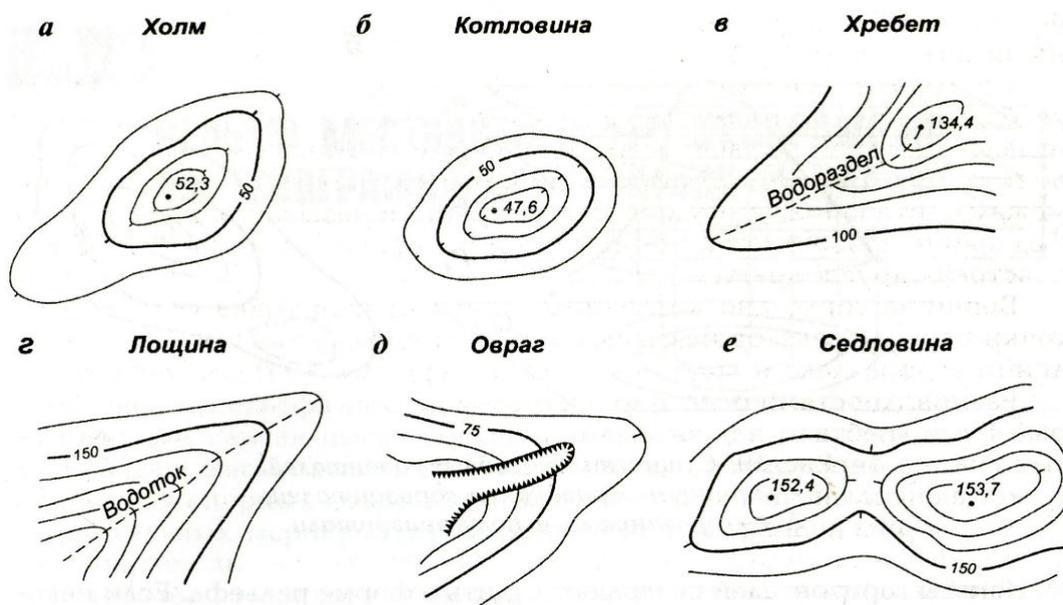


Рис. 6.1. Основные формы рельефа (по Покладу, Гридневу, 2007):

а – холм; б – котловина; в – хребет; г – лощина; д – овраг; е – седловина

Котловина – углубление в виде чаши. Самая низкая точка котловины – дно. Боковая поверхность состоит из скатов, линия слияния их с окружающей местностью – бровка.

Хребет – возвышенность, постепенно понижающаяся в одном направлении и имеющая два крутых ската, называемых склонами. Ось хребта между двумя склонами называется водораздельной линией или водоразделом. Если склоны хребта пересекаются под острым углом, то такой водораздел называют гребнем.

Лощина – вытянутое углубление местности, постепенно понижающееся в одном направлении. Ось лощины между двумя скатами называется водосливной линией или тальвегом. Разновидности лощины: долина – широкая лощина с пологими склонами; овраг – узкая лощина с почти отвесными склонами; промоина – узкое углубление с крутыми, обнаженными склонами, образующимися под действием воды; балка – заросший овраг.

Терраса (уступ) – ровная, почти горизонтальная площадка на скате хребта или горы.

Седловина – пониженная часть водораздела, расположенная между двумя смежными вершинами и между двумя лощинами, расходящимися в противоположные стороны.

Характерные точки рельефа – вершина горы, дно котловины, самая низкая точка седловины.

Характерные линии рельефа – водораздел и тальвег.

Горизонталь – кривая линия на плане, все точки которой имеют равные отметки на местности. Основные свойства горизонталей: 1) все точки местности, лежащие на одной горизонтали, имеют равные отметки; 2) го-

горизонтали не могут пересекаться на плане, т.к. лежат на разных высотах (исключение – горные районы, когда изображают нависший утес; 3) горизонтали являются непрерывными замкнутыми линиями.

Высота сечения рельефа – расстояние между горизонталями по высоте.

Заложение – расстояние между горизонталями на плане или карте.

Определение отметок местности по горизонталям

Высота точки на местности – расстояние по отвесной линии от уровня поверхности Земли, принятой за начало, до данной точки, обозначается H .

Отметка точки – численное значение высоты точки.

Превышение – разность высот последующей и предыдущей точек, вычисляется по формуле:

$$H_2 - H_1 = h,$$

где h , H – превышение между точками, м;

H_1, H_2 – отметки высот точек, м.

$$H_K - H_m = h_1,$$

где h_1 – превышение точки K над точкой m .

Высота сечения рельефа составит (рис. 6.2), м:

$$h = H_n - H_m = 70 - 60 = 10.$$

Т. о.,

$$\frac{h_1}{h} = \frac{Km}{mn},$$

откуда

$$h_1 = h \frac{Km}{mn} \text{ . точек } mn$$

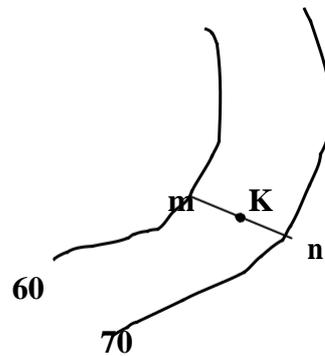


Рис. 6.2. Определение отметок

Если искомая точка расположена на горизонтали, то ее высота равна высоте этой горизонтали. Если точка K лежит между горизонталями, то, чтобы узнать ее высоту, через нее проводят отрезок mn , по возможности перпендикулярный к двум соседним горизонталям. Измеряют отрезки Km и mn . Отрезку mn на плане соответствует высота сечения рельефа.

Определение уклона

Угол наклона – вертикальный угол v , образованный линией на местности и горизонтальной плоскостью.

Уклон – тангенс угла наклона линии на местности к горизонту. Выражается промилле (франц) – тысячная доля числа (рис. 6.3).

$$\operatorname{tg} \nu_{AB} = \frac{h_{AB}}{s_{AB}} = \frac{H_B - H_A}{s_{AB}},$$

где h_{AB} – высота сечения рельефа, м;
 s_{AB} – заложение, м.
 $i_{AB} = \operatorname{tg} \nu_{AB}$

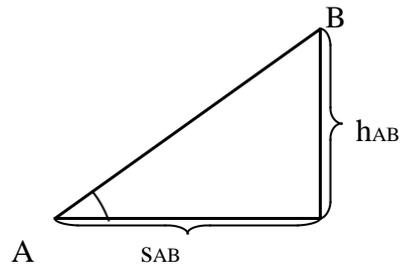


Рис. 6.3. Определение уклона линии

Проведение на плане линии заданного уклона

Требуется через точки М и N провести кратчайшую линию так, чтобы уклоны отдельных ее участков не превышали заданного уклона i_0 . (рис. 6.4). Заложение линии заданного уклона вычисляют по формуле:

$$d_0 = \frac{h}{i_0},$$

где d_0 – заложение линии заданного уклона; i_0 – проектный уклон.

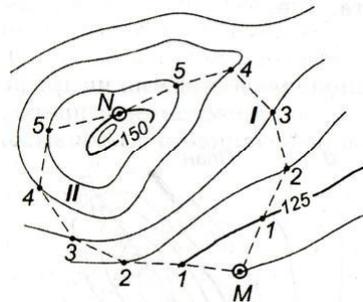


Рис. 6.4. Проведение линии заданного уклона

Далее, взяв по вычисленному заложению раствор циркуля, последовательно делают засечки на смежных горизонталях.

Построение профиля местности по заданной линии

Профиль – уменьшенное изображение вертикального разреза участка земной поверхности. Построение продольного профиля АВ на миллиметровой бумаге выполняется в следующем порядке:

- на плане прочерчивают линию АВ, в обе стороны от нее откладывают расстояние по 1 см и отграничивают участок прямоугольной формы (рис. 6.5);

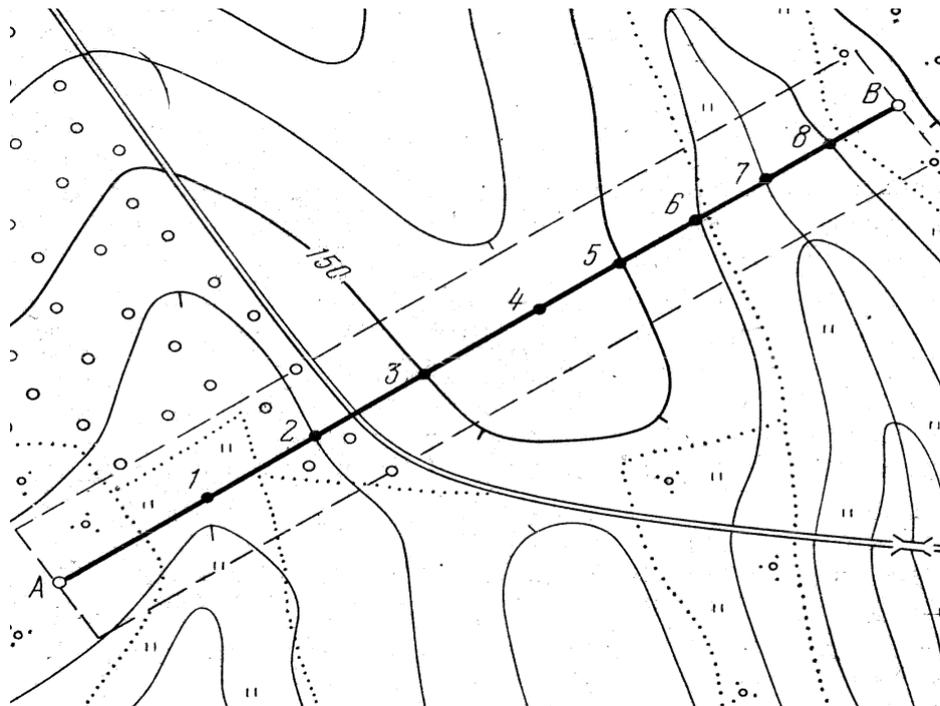


Рис. 6.5. План местности на линии построения продольного профиля (по Неумывакину, 1985)

- в нижней половине миллиметровой бумаги строят разграфку профиля по длине заданной линии АВ, слева от каждой графы подписывают ее название (рис. 6.6);
- с помощью измерителя наносят контуры ситуации с карты или плана в графу «План местности» и вычерчивают нанесенные объекты соответствующими условными знаками;
- на плане отмечают точки пересечения профильной линии с горизонталями и характерные точки перегибов местности, нумеруют их по порядку;
- на профиле указывают вертикальный и горизонтальный масштабы его построения. В горизонтальном масштабе откладывают раствором измерителя расстояния между отмеченными точками (графа «Расстояния»), в вертикальном – отметки точек на перпендикулярах. Вертикальный масштаб, как правило, в 10 раз крупнее горизонтального;
- раствором измерителя переносят расстояния между отмеченными точками в графу «Расстояния», одновременно по масштабной линейке определяют значения этих расстояний и записывают в соответствующие интервалы данной графы;
- по подписям горизонталей определяют отметки высот точек их пересечения с профильной линией, отметки высот характерных точек определяют интерполированием с округлением до 0,1 м, полученные значения записывают в графу «отметки высот»;
- для верхней линии разграфки, принятой за условную уровенную поверхность, выбирают условное значение высоты с таким расчетом, чтобы

чертеж был компактным. На перпендикулярах к верхней линии разграфки откладывают значения высот, уменьшенные на величину высоты условной уровенной поверхности. Концы отрезков соединяют прямыми линиями и получают профиль местности участка АВ.

Вычисляют уклоны между точками профиля и выписывают их значения в тысячных долях единицы (например, 6 или 0,006). Направления уклонов показывают условными линиями, которые проводят в соответствующих интервалах от верхнего угла к нижнему (при отрицательном уклоне) и от нижнего к верхнему (при положительном уклоне).

Масштабы:
горизонтальный 1:1 000
вертикальный 1:100

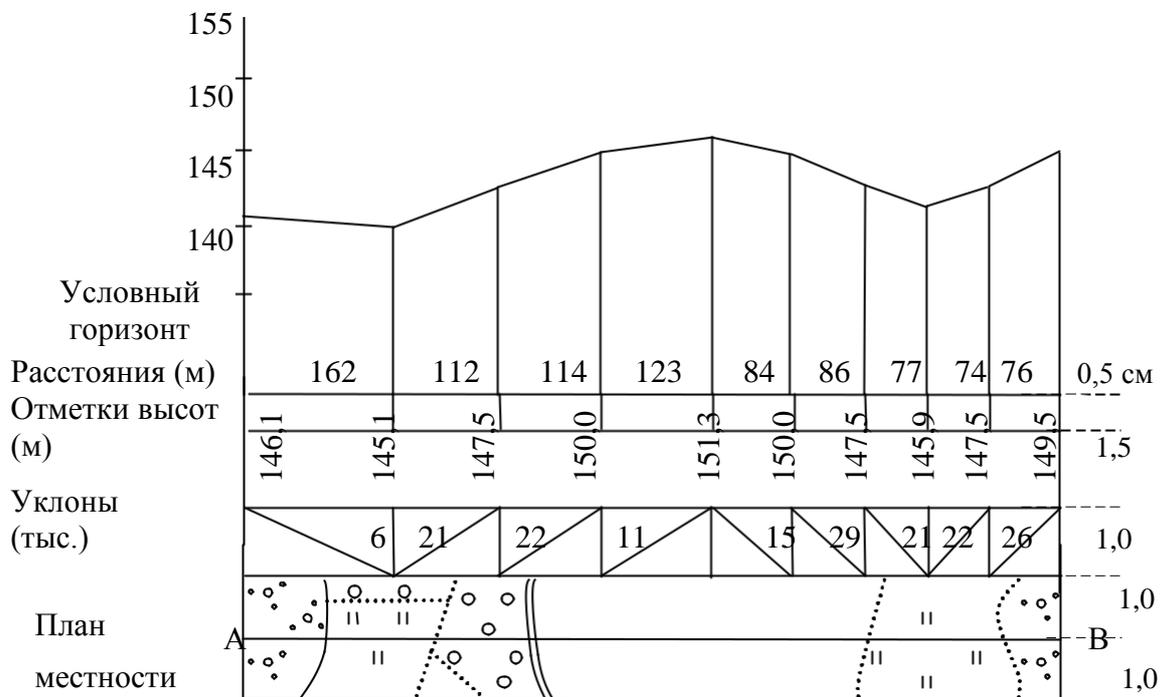


Рис. 6.6. Продольный профиль по линии АВ

Масштаб уклонов представляет собой номограмму для определения уклонов по карте или плану, строится следующим образом. Определяется горизонтальное проложение для различных значений i (например, 0,02; 0,04; 0,06 и т.д.) по формуле:

$$s = \frac{h}{i}$$

Затем откладывают их на соответствующих перпендикулярах к прямой линии, через равные произвольные промежутки. Концы перпендикуляров соединяют плавной кривой (рис. 6.7).

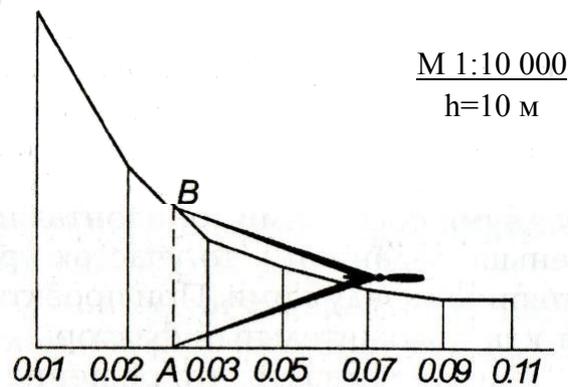


Рис. 6.7. Масштаб уклонов

Масштаб заложений – представляет собой номограмму для определения углов наклона по карте или плану, строится следующим образом. Определяется горизонтальное проложение для различных углов наклона (например, 1, 2, 3° и т.д.) по формуле (рис. 6.8): $s = h \operatorname{ctg} \alpha$.

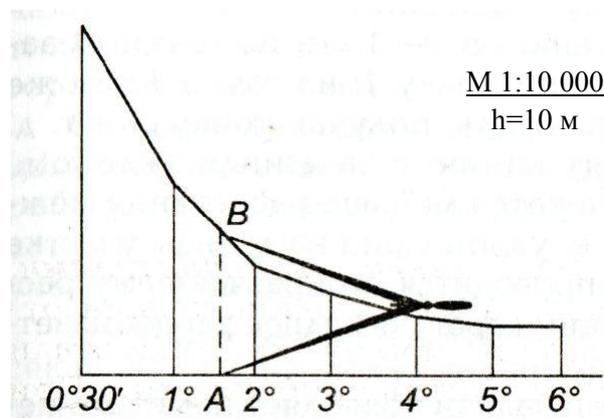


Рис. 6.8. Масштаб заложений

Затем откладывают их на соответствующих перпендикулярах к прямой линии через равные произвольные промежутки. Концы перпендикуляров соединяют прямыми линиями.

Занятие 7. Определение площади участка

Цель работы: научиться вычислять площади земель по карте различными способами.

Общие сведения

Аналитический способ – площади определяются по результатам измерений линий и углов на местности или по координатам точек полигона с применением формул геометрии, тригонометрии и аналитической геометрии.

Общая формула для нахождения площади любого n -угольника имеет вид:

$$2P = \sum_{i=1}^n (x_i - x_{i-1})(y_{i-1} - y_i).$$

$$i \quad 1$$

Из этой формулы получают большое число других формул, выражающих площадь полигона через приращения координат и координаты вершин, например:

$$2P = \sum_{i=1}^n x_i y_{i-1} - \sum_{i=1}^n x_{i-1} y_i, \quad \sum_{i=1}^n x_{i-1} y_i,$$

но здесь

$$\sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_{i-1} y_{i-1}.$$

Поскольку обе части равенства представляют сумму произведения абсциссы каждой точки на ординату этой же точки, то получим:

$$2S = \sum_{i=1}^n x_i y_{i-1} - \sum_{i=1}^n x_{i-1} y_i.$$

Теперь произведем замену:

$$\sum_{i=1}^n x_i y_{i-1} = \sum_{i=1}^n x_{i-1} y_i,$$

потому что обе части этого равенства представляют суммы произведений абсциссы каждой точки на ординату последующей точки. Тогда выражение приобретет вид:

$$2P = \sum_{i=1}^n x_{i-1} y_i - \sum_{i=1}^n y_i (x_{i-1} - x_i),$$

т.е. удвоенная площадь полигона равна сумме произведений каждой ординаты на разность абсцисс предыдущей и последующей точек.

Аналогично получают выражение:

$$2P = \sum_{i=1}^n x_i (y_{i-1} - y_i).$$

Контроль вычислений ведется по формулам:

$$\sum_{i=1}^n (y_{i-1} - y_i) = 0,$$

$$\sum_{i=1}^n (x_{i-1} - x_i) = 0,$$

$$2P = \sum_{i=1}^n x_i (y_{i-1} - y_i) = \sum_{i=1}^n y_i (x_{i-1} - x_i).$$

Приведем другие формулы нахождения площади полигона через приращения координат и координаты вершин без вывода:

$$2P = \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i y_{i-1},$$

$$2P = \sum_{i=1}^n y_i x_{i-1} - \sum_{i=1}^n x_i y_i.$$

Графический способ – площади определяются по результатам измерений линий по карте или плану, когда участок, изображенный на плане (или карте), предварительно разбивается на простейшие геометрические

фигуры, треугольники, прямоугольники и трапеции (рис. 7.1). Сумма площадей геометрических фигур дает площадь участка. К геометрическому способу относится также вычисление площади при помощи палеток.

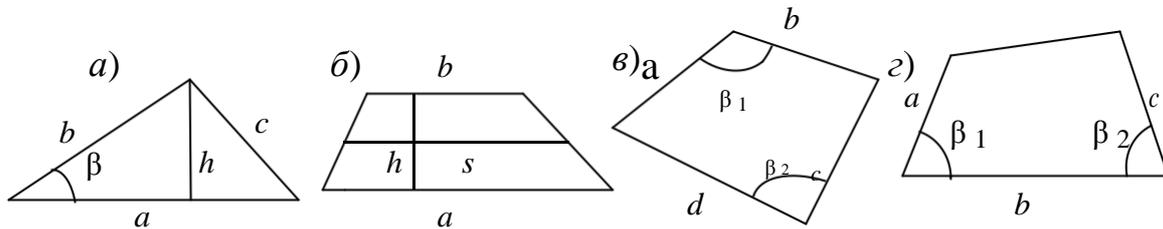


Рис. 7.1. Геометрические фигуры и их элементы

Формулы для вычисления площади треугольника (рис. 7.1а):

$$S = 0,5ah,$$

$$S = 0,5ab \sin\beta,$$

$$S = \sqrt{p(p-a)p(p-b)p(p-c)}.$$

Формулы вычисления площади трапеции (рис. 7.1б):

$$P = 0,5(a+b)h \text{ или } sh.$$

Формулы вычисления площади четырехугольника (рис. 7.1в, г):

$$P = 0,5(ab \sin \beta_1 + cd \sin \beta_2),$$

$$P = 0,5[ab \sin \beta_1 + bc \sin \beta_2 + ac(\beta_1 + \beta_2 - 180)].$$

Палетка представляет собой лист стекла, целлулоида, кальки или другого прозрачного материала, разграфленного тонкими линиями на квадраты (квадратная палетка) или параллельные прямые (параллельная палетка).

Квадратная палетка – сеть взаимно перпендикулярных линий, проведенных через 1 или 2 мм. Площадь определяется подсчетом клеток палетки, наложенной на фигуру. Доли клеток, рассекаемых контуром определяются на глаз. Зная площадь одного квадрата, которая зависит от масштаба плана, площадь всей фигуры определяется по формуле:

$$P = a(m + n),$$

где s – площадь одного квадрата, в масштабе плана;

n – число целых квадратов, уложившихся в определяемой площади;

m – число квадратов, определенное из их частей, рассекаемых контуром.

Для упрощения подсчетов через 0,5 или 1 см проводят утолщенные линии, чтобы число клеток можно было считать группами. Для контроля площадь данного участка измеряют повторно, развернув палетку на 45° .

Параллельная палетка – ряд параллельных линий, проведенных преимущественно через 2 мм (от 2 до 5 мм). Площадь контура этой палетки вычисляют следующим образом. Накладывают ее на план так, чтобы крайние точки контура участка 1 и 16 находились посередине между линиями палетки (рис. 7.2). В результате, участок расчленяется на отдельные трапеции с высотой h и средними линиями s_{2-3} , s_{4-5} , ..., s_{14-15} , которые измеряют в масштабе плана (основания трапеция изображены пунктиром). Поскольку площадь каждой трапеции равна произведению s_i h , то общая площадь участка составит:

$$P = h(s_{2-3} + s_{4-5} + \dots + s_{14-15}) = h \sum_{i=1}^n s_i.$$

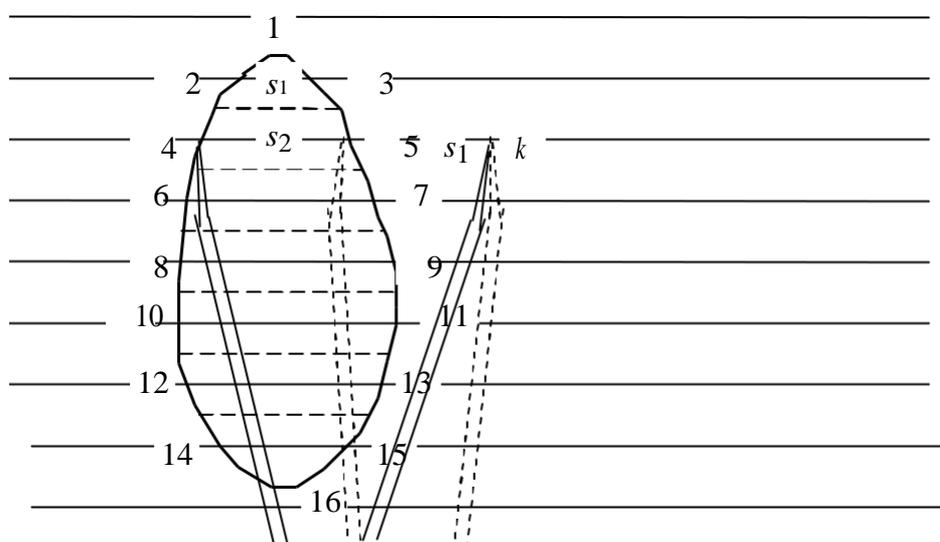


Рис. 7.2. Определение площади контура параллельной палеткой

Сумму расстояний $\sum s_i$ последовательно набирают в раствор измерителя: взяв расстояние s_{2-3} , переносят левую иглу измерителя в точку 5, а правую устанавливают на продолжение линии 4-5 в точке k , после чего увеличивают раствор измерителя перемещением левой иглы в точку 4. Тогда в растворе измерителя 4- k будет набрана сумма средних линий ($s_{2-3} + s_{4-5}$). Дальнейшее измерение продолжают в той же последовательности. Если в процессе набора расстояний раствор измерителя окажется больше размера палетки по ее длине АВ, то сумму средних линий набирают по частям в несколько приемов. Общую длину измеренных средних линий определяют по масштабной линейке и умножают на высоту h , соответствующую числу метров в масштабе плана, затем полученную площадь переводят в гектары.

Для контроля измеряют площадь при втором положении палетки, развернув ее на $60-90^\circ$ относительно первоначального положения. Относительная погрешность определения площади палеткой составляет 1:50 – 1:100. Квадратную палетку рекомендуется использовать при определении полигона площадью до 2 см^2 , параллельную – до 10 см^2 .

. Вычисление координат вершин полигона
(замкнутого теодолитного хода)

Вычисления производятся в специальной ведомости в следующем порядке.

1. Выписывают из ведомости измеренных углов и длин сторон (см. рис. 1. и табл. 2. или лист 1 соответствующего варианта в приложении) в ведомость вычисления координат (образец вычисления ведомости см. табл. 3) значения измеренных углов и длин сторон полигона.

2. Значения дирекционного угла стороны I-II и координаты вершины I выдаются преподавателем.

3. Производят увязку углов следующим образом:
вычисляют сумму измеренных углов $\sum\beta_{\text{изм}}$;
определяют теоретическую сумму внутренних углов полигона по формуле:

$$\sum\beta_{\text{теор}} = 180^\circ(n - 2), \quad (1)$$

где n – число углов полигона;

вычисляют полученную угловую невязку:

$$f\beta = \sum\beta_{\text{изм}} - \sum\beta_{\text{теор}}; \quad (2)$$

находят допустимую угловую невязку:

$$f\beta_{\text{доп}} = 1\sqrt{n}; \quad (3)$$

если $f\beta \leq f\beta_{\text{доп}}$, то ее распределяют поровну на все углы с обратным знаком, т.е. вводят поправки $\delta f\beta$ во все измеренные углы:

$$\delta f\beta = - f\beta / n; \quad (4)$$

рассчитывают исправленные углы:

$$\beta_{\text{испр}} = \beta_{\text{визм}} + \delta f\beta. \quad (5)$$

Правильность увязки углов контролируют, для чего вычисляют сумму исправленных углов $\sum \beta_{\text{испр}}$ и убеждаются в соблюдении условия:

$$\sum \beta_{\text{испр}} = \sum \beta_{\text{теор}}. \quad (6)$$

4. Вычисляют дирекционные углы всех сторон полигона по формуле:

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^\circ - \beta_n \text{ испр}, \quad (7)$$

где α_n – дирекционный угол последующей стороны;

α_{n-1} – дирекционный угол предыдущей стороны;

$\beta_n \text{ испр}$ – исправленный, вправо по ходу лежащий угол, заключенный между предыдущей и последующей сторонами полигона.

Правильность вычисления дирекционных углов контролируют. Если к дирекционному углу последней линии прибавить 180° и вычесть первый угол $\beta_1 \text{ испр}$, то получают дирекционный угол исходной стороны (α_{I-II}).

При вычислении следует помнить, что дирекционные углы не могут иметь отрицательные значения и быть более 360° . Поэтому к значению дирекционного угла, если оно получится отрицательным, надо прибавить 360° , а если больше 360° – вычесть 360° .

5. Дирекционные углы переводят в румбы.

Формулы связи дирекционных углов и румбов, знаки приращений координат приведены в таблице 4.1.

Таблица 1 – Формулы связи румбов и дирекционных углов

Номер четверти	Пределы значений дирекционных углов	Названия румбов	Формулы вычисления румбов	Знаки приращений координат	
				ΔX	ΔY
1	$0^\circ - 90^\circ$	СВ	$r = \alpha$	+	+
2	$90^\circ - 180^\circ$	ЮВ	$r = 180^\circ - \alpha$	-	+
3	$180^\circ - 270^\circ$	ЮЗ	$r = \alpha - 180^\circ$	-	-
4	$270^\circ - 360^\circ$	СЗ	$r = 360^\circ - \alpha$	+	-

Таблица 2 – Ведомость измеренных углов и длин сторон

Номер вершин полигона	Измеренные углы β			Длины сторон (горизон- тального проложения) d , м
	°	'	"	
1	120	29	30	106,24
2	109	58	00	124,75
3	115	03	00	126,80
4	96	42	30	157,32
5	97	45	30	127,00

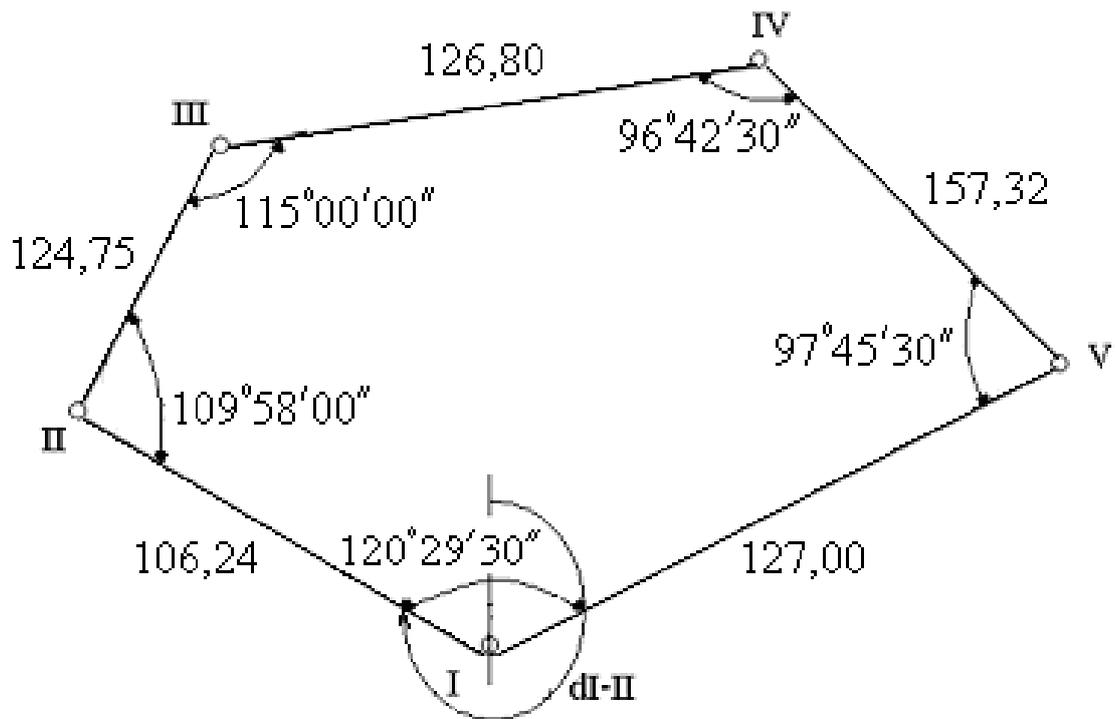


Рисунок 1 – Схема теодолитного хода

6. По значениям дирекционных углов α или румбов r и горизонтальным проложениям d сторон полигона вычисляют приращения координат по формулам:

$$\Delta x_{\text{выч}} = d \cdot \cos \alpha = \pm d \cdot \cos r,$$

$$(8) \Delta y_{\text{выч}} = d \cdot \sin \alpha = \pm d \cdot \sin r .$$

(9)

Приращения координат можно вычислить с помощью:

- микрокалькуляторов;
- таблиц натуральных значений тригонометрических функций;

- таблиц приращения координат. Приращение координат во всех случаях вычисляют до сотых долей метра.

7. Определяют невязки f_x и f_y в приращениях координат по формулам:

$$f_x = \sum \Delta x_{\text{выч}}, \quad (10)$$

$$f_y = \sum \Delta y_{\text{выч}}, \quad (11)$$

т.е. невязки равны алгебраическим суммам приращений координат.

Теоретическая сумма приращений координат в полигоне по соответствующим осям равна 0.

$$\begin{aligned} \sum \Delta x_{\text{теор}} &= 0, \\ (12) \sum \Delta y_{\text{теор}} &= 0. \end{aligned} \quad (13)$$

8. Вычисляют абсолютную невязку в периметре полигона:

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}. \quad (14)$$

9. Находят относительную невязку $f_{\text{отн}}$ в периметре P в виде дроби, в числителе которой единица:

$$f_{\text{отн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{P} \approx \frac{1}{\frac{P}{f_{\text{абс}}}} \approx \frac{1}{2000}. \quad (15)$$

Относительная невязка считается допустимой, если она не превышает $1/2000$.

10. Если относительная невязка допустима, то в приращения координат вводят поправки. Для этого невязки f_x и f_y распределяют пропорционально длинам сторон полигона со знаком обратным невязке. Поправки в приращениях координат вычисляют по формулам:

$$\delta \Delta x_i = -\frac{f_x}{P} \cdot d_i, \quad (16)$$

$$\delta \Delta y_i = -\frac{f_y}{P} \cdot d_i, \quad (17)$$

где $\delta \Delta x_i$, $\delta \Delta y_i$ – поправки в приращения координат соответственно по осям X и Y

Полученные поправки округляют до сотых долей метра и записывают над приращениями координат красным цветом.

Сумма поправок должна быть равна абсолютной величине невязки с обратным знаком.

11. Вычисляют исправленные приращения координат $\Delta x_{\text{испр}}$ и $\Delta y_{\text{испр}}$:

$$\Delta x_{\text{испр}} = \Delta x_{\text{выч}} + \delta \Delta x, \quad (18)$$

$$\Delta y_{\text{испр}} = \Delta y_{\text{выч}} + \delta \Delta y. \quad (19)$$

Алгебраическая сумма исправленных приращений координат по каждой оси должна быть равна нулю:

$$\sum \Delta x_{\text{испр}} = 0; \sum \Delta y_{\text{испр}} = 0, \quad (20)$$

12. Находят координаты вершин полигона по формулам:

$$X_2 = X_1 + \Delta x_{1\text{испр}}; Y_2 = Y_1 + \Delta y_{1\text{испр}};$$

$$(21) X_3 = X_2 + \Delta x_{2\text{испр}}; Y_3 = Y_2 + \Delta y_{2\text{испр}}; \quad (22)$$

$$X_n = X_{n-1} + \Delta x_{n-1\text{испр}}; Y_n = Y_{n-1} + \Delta y_{n-1\text{испр}}. \quad (23)$$

Контролем правильности вычисления координат является получение координат исходной точки.

Таблица 3 – Ведомость вычисления координат точек теодолитного хода

№ точки	Углы		Дирекционные углы	Румбы (назв.)	Горизонтальные проложения, d, м	Приращение координат, м				Координаты	
	Измеренные	Исправленные				Вычисленные		Исправленные		X	Y
						ΔX	ΔY	ΔX	ΔY		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	120°29'30"	120°30'				-2	+1			450,00	520,00
			305°05'	СВ 54 55	106, 24	+61, 07	-86,94	+61,05	-86,93		
2	109°58'00"	109°58'				-3	+1			511,05	433,07
			15°07'	СВ 15 07	124,75	+120,43	32,54	+120,40	+32,55		
3	115°03'00"	115°03'				-3	+1			631,45	465,62
			80°04'	СВ 80 04	126, 80	+21, 88	+124,90	+21,85	+124,91		
4	96°42'30"	96°43'				- 4	+2			653,30	590,53
			163°21'	ЮВ 16 39	157, 32	-150,73	+45,08	-150,77	+45,10		
5	97°45'30"	97°46'				-3	+1			502,53	635,63
			245°35'	ЮЗ 65 35	127,00	-52, 50	-115,64	-52,53	-115,63		
1										450,00	520,00

$$\sum \beta_{\text{изм}} = 539^{\circ}58'30''$$

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

$$f_{\beta} = - 1^{\circ}30'$$

$$f_{\beta \text{ доп}} = 1' \sqrt{n} = 2'14''$$

$$P = 642,11 \quad + 203,38 \quad + 202,52 \quad + 203,30 \quad + 202,56$$

$$-203,23 \quad - 202,58 \quad - 203,30 \quad - 202,56$$

$$f_x = +0.15; \quad f_y = - 0.06 \quad \begin{matrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{matrix}$$

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = 0,16; \quad f_{\text{отн}} = f_{\text{абс}}/P = 0,16/642 = 1/4000 \leq 1/2000$$

5.2. Построение плана теодолитной съемки

План теодолитной съемки строится в масштабе 1:1000.

1. На листе чертежной бумаги при помощи линейки Дробышева строят координатную сетку размером 30×40 см. Правильность построения контролируют путем измерения сторон и диагоналей квадратов. Допустимая погрешность построения + 0,2 мм.

2. В соответствии с координатами вершин полигона сетку подписывают с таким расчетом, чтобы полигон расположился внутри нее. Линии подписывают координатами кратными 100 м.

3. С помощью циркуля-измерителя и масштабной линейки наносят на этот лист все вершины полигона в такой последовательности:

- по координатам вершины I (X и Y) и по координатам линий сетки (X_с, Y_с) определяют квадрат, в котором расположена данная вершина;

- вычисляют разность координат

$$\delta_{x1} = X_1 - X_c, \quad (24)$$

$$\delta_{y1} = Y_1 - Y_c, \quad (25)$$

где X и Y – координаты юго-западного угла квадрата, в котором находится вершина I;

- пользуясь масштабной линейкой и измерителем в принятом масштабе, измеряют отрезок δ_{x1} и, делая наколы, откладывают его на обеих вертикальных сторонах данного квадрата;

- соединяют наколотые точки тонкой линией (карандашом);

- далее, как показано выше, измеряют отрезок δ_{y1} , откладывают его на проведенной линии и накалывают точку, которая и будет вершиной полигона на плане.

Чтобы было легче отыскивать эту точку, вокруг нее карандашом проводят окружность небольшого диаметра.

Аналогично наносят на план все остальные вершины полигона.

Правильность построения точек контролируют, сравнивая расстояние между ними, определенное по плану при помощи циркуля-измерителя и масштабной линейки, с соответствующим горизонтальным проложением, взятым из ведомости вычисления координат. Допустимое расхождение $\pm 0,3$ мм. Проверив правильность нанесения двух вершин, приступают к обозначению следующей и т.д.

4. После нанесения вершин полигона приступают к построению контуров местности (ситуации). Основным материалом для нанесения ситуации служит абрис (см. рис. 2 и 3 и табл. 4 или листы 2 – 4 приложения соответствующего варианта). Способ построения контуров на плане соответствует способу съемки их на местности. При этом пользуются транспортиром, циркулем-измерителем и масштабной линейкой.

5.2.1. Способ перпендикуляров (прямоугольных координат)

При построении контуров способом перпендикуляров от начала опорной линии, построенной на бумаге, откладывают расстояния до оснований перпендикуляров, указанных в абрисе. В конце отложенных расстояний, пользуясь прямоугольным треугольником, строят перпендикуляры, на которых откладывают их длину. Соединив концы перпендикуляров, получают изображения контуров местности.

5.2.2. Способ полярных координат

Для накладки точек, снятых полярным способом, центр транспортира совмещают с вершиной полигона, принятой за полюс, а нулевой диаметр направляют по линии хода, принятой за начальное направление. По дуге транспортира откладывают углы и на полученных направлениях откладывают расстояния.

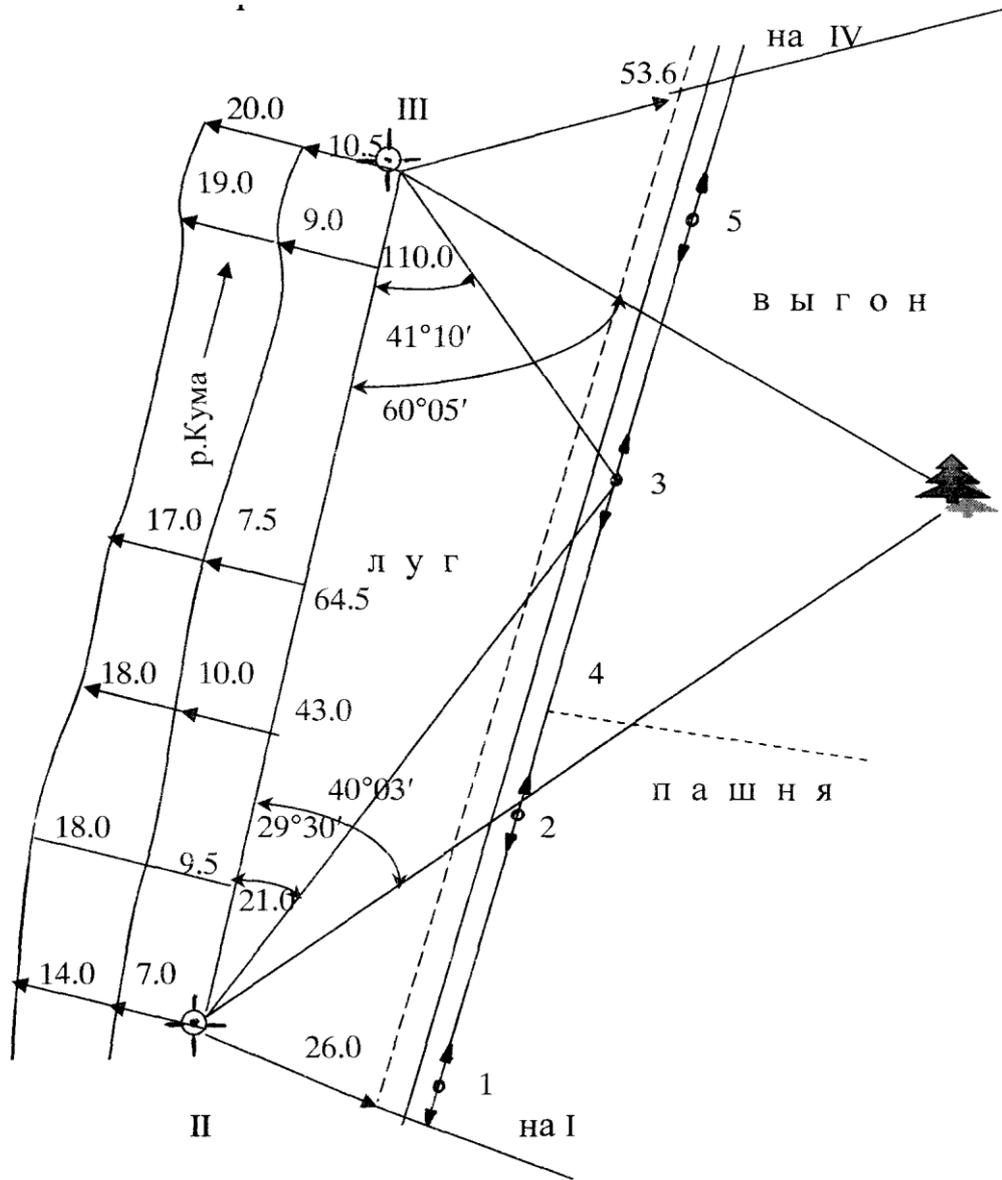


Рисунок 2 – Абрис по линии II – III

Таблица 4 – Журнал теодолитной съемки

Номера точек стояния	Номера точек визирования	Отсчеты по горизонтальному кругу	Расстояния	Примечания
II	III	0°00'		
	1	98°06'	30.0	столб
	2	45°39'	50.0	столб
	3	35°22'	62.6	Граница выгона
III	IV	0°00'		
	5	37°22'	49.5	столб

Абрис по линии IV – V

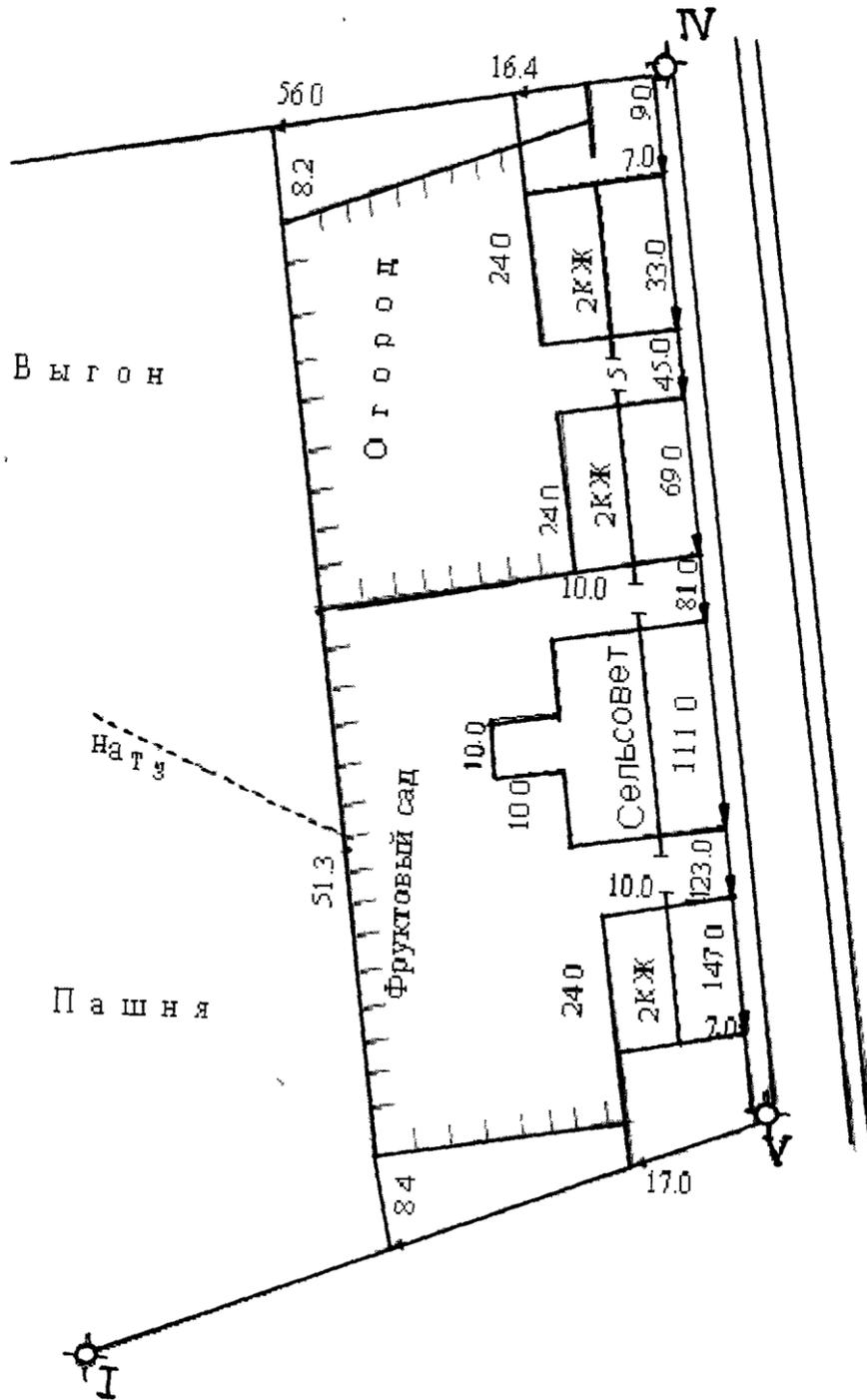


Рисунок 3 – Абрис по линиям IV-V и V-I

Таблица 5 – Журнал тахеометрической съемки

Наблюдатель _____ Дата _____ Инструмент _____

Номера станций	Номер точки визирования	Отчет по дальномеру D^1 , м	Отсчеты по кругам		M0 Угол наклона, $v, ^\circ //$	Горизонтальные продолжения $D = D^1 \times \cos^2 v$, м	Высота вехи v , м	Превышения $h = D^1/2 \times \sin 2 \times v + i - v$, м	Отметки точек H , м	Примечания
			Горизонт.	Вертикальн.						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I			КЛ $4^\circ 49'$						42,8	
$i = 1,41$			КП $-4^\circ 48'$		0 00 30	41,2				
	II		0 00							
	1	41,2	11 25	-0 46	-0 46 30	41,2	1,41	-0,55	42,25	
	2	26,1	59 30	0 42	+0 41 30	26,1		+0,32	43,12	
	3	38,5	102 10	1 38	+1 37 30	38,4		+1,09	43,89	
	4	64,8	119 55	1 45	+1 44 30	64,7		+1,98	44,78	
	5	62,9	85 35	0 28	+0 27 30	62,9		+1,50	44,30	
	6	57,9	58 50	0 35	+0 34 30	57,9		+0,59	43,39	
	II		0 02							

Вычислил _____

5.2.3. Способ угловых засечек

В вершинах опорных сторон откладывают углы, величины которых указаны в абрисе. Пересечение сторон построенных углов дает положение искомой точки.

Остальные способы построения точек ситуации на плане разьяснений не требуют.

5.3. Оформление топографического плана

План вычерчивают в карандаше в соответствии с условными знаками для планов масштаба 1:1000. Затем производят зарамочное оформление (см. рис. 4.8), выполняют все надписи и приступают к вычерчиванию плана тушью.

Эту работу начинают с отмывки водных поверхностей слабым раствором голубой акварельной краски. Зеленым цветом показывают пересечения линий сетки координат, берега рек, колодцы. Желтым цветом отмывают усадьбы, строения, шоссейные автодороги. Серым цветом показывают огороды.

5.4. Обработка журнала тахеометрической съемки

1. Заполняют тахеометрический журнал (см. табл. 5 на и лист 5 или 6 варианта в приложении).

2. Вычисляют место нуля МО вертикального круга теодолита по формуле:

$$MO = KЛ + КП \quad . \quad (26)$$

При вычислениях по этой формуле к отсчету, меньшему 90^0 , прибавляют 360^0 .

3. Вычисляют углы наклона v на речные (пикетные) точки по формуле:

Вначале методом интерполирования находят следы горизонталей, а затем плавными кривыми линиями соединяют точки, имеющие одинаковые отметки. Интерполирование выполняют только по направлениям, отмеченным в кроках стрелками (см. рис. 5 или лист 4 или 5 соответствующего варианта в приложении) аналитическим или графическим способами.

Аналитический способ интерполирования заключается в следующем (рис. 4.4):

- прикладывают к точкам, между которыми производят интерполирование, линейку и измеряют расстояние (заложение ската) между ними (в приведенном на рис. 4.4 примере $d = 28$ мм);

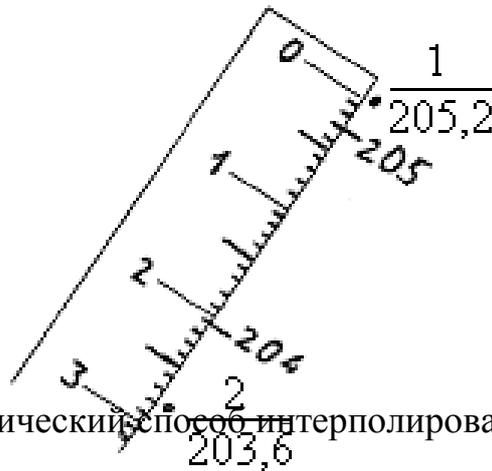


Рисунок 4 – Аналитический способ интерполирования

- вычисляют разность отметок точек 1 и 2, соответствующую заложению d .

В данном примере $h = H_1 - H_2 = 205,2 - 203,6 = 1,6$ м.

- смотрят по отметкам, какие горизонталы пройдут между точками 1 и 2 (здесь, при высоте сечения рельефа 1 м, это будут горизонталы с отметками 204 и 205).

Затем вычисляют превышения этих точек над соответствующими горизонталями:

$$h_1 = H_1 - 205,2 = 205,2 - 205 = 0,2 \text{ м,}$$

$$h_2 = H_1 - 204 = 205,2 - 204 = 1,2 \text{ м.}$$

- составляют пропорцию и вычисляют величины заложений d_1 и d_2 , соответствующие вычисленным превышениям h_1 и h_2 .

При этом можно исходить из того, что:

- измеренному заложению d соответствует разность отметок h .
- искомому заложению d_1 соответствует разность отметок h_1 ,

тогда $d / d_1 = h / h_1$, откуда $d_1 = \frac{d \cdot h_1}{h}$;

соответственно $d_2 = \frac{d \cdot h_2}{h}$.

Решив приведенные выражения, получим

$$d_1 = \frac{28 \cdot 0,2}{1,2} = 3,5 \text{ мм}; \quad d_2 = \frac{28 \cdot 1,2}{1,2} = 21 \text{ мм}.$$

- от точки 1 по линейке, откладывают значения d_1 и d_2 . Получают следы горизонталей с отметками 205 и 204 и подписывают их карандашом.

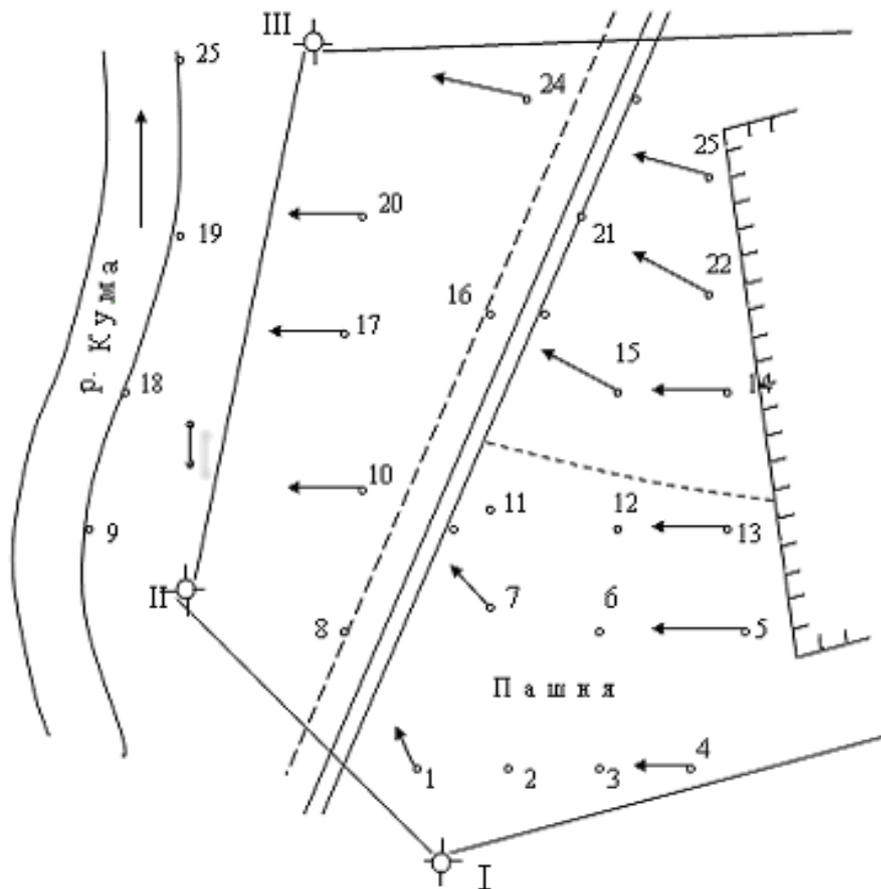


Рисунок 5 – Кроки тахеометрической съемки

Графическое интерполирование выполняется несколькими способами. Целесообразно рассмотреть интерполирование с помощью палетки, представляющей собой лист прозрачной бумаги с нанесенными на него через равные промежутки (0,5-1,0 см) параллельными линиями (рис. 6).

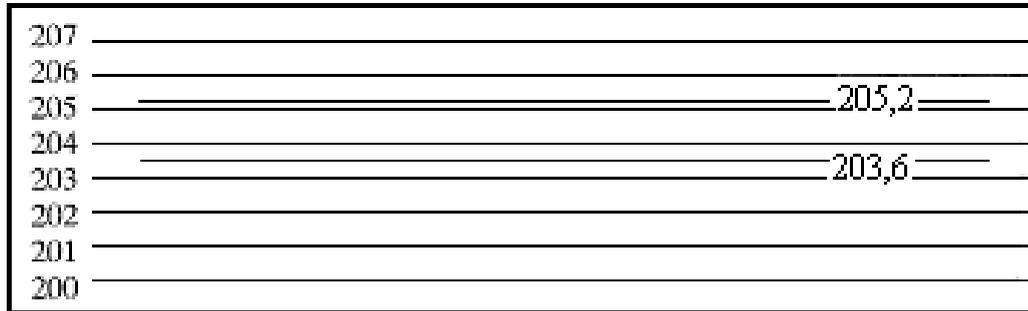


Рисунок 6 – Палетка

Отметки линий палетки подписывают в зависимости от выбранной высоты сечения рельефа и отметок реечных точек. Порядок пользования палеткой показан на рис. 7 и состоит в следующем:

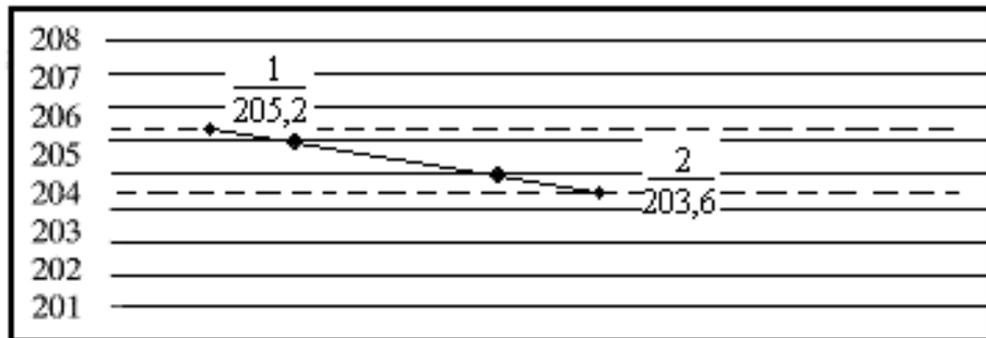


Рисунок 7 – Порядок пользования палеткой

- соединяют на плане карандашом точки, между которыми производят интерполирование (в приведенном примере это точки 1 и 2 с отметками $H_1 = 205,2$ м и $H_2 = 203,6$ м);

- на палетке между линиями 205 и 206, 203 и 204 проводят линии, соответствующие высотам точек $H_1 = 205,2$ м и $H_2 = 203,6$ м;

- совмещают точку 1 плана с линией на палетке с той же отметкой, закрепляют положение палетки в точке 1 остро отточенным карандашом;

- вращают палетку вокруг точки 1 до тех пор, пока точка 2 плана не займет положения на линии с отметкой 203,6 м;

- через палетку карандашом или иглой переносят на план точки пересечения линий палетки (204 и 205) с линией 1–2. Эти точки и являются следами горизонталей с отметками 204 и 205. На плане карандашом подписывают отметки этих точек.

Интерполирование производят между всеми соседними точками, где пройдут горизонталы. Затем карандашом соединяют точки, имеющие одинаковые отметки, и получают горизонталы.

3. После того как проведены все горизонталы, план оформляют в туши в соответствии с условными знаками. Номера пикетных точек и их отметки подписывают черной тушью (высота цифр 3 мм). Горизонталы вычерчивают коричневой тушью, толщина линий – 0,1 мм, а горизонталы, кратные 5-ти метрам, проводят утолщенными линиями (0,3 мм).

Подписывают только отметки утолщенных горизонталей. Для этого делают разрыв в горизонталы и коричневым цветом подписывают ее отметку так, чтобы верх цифр был обращен в сторону повышения рельефа.

Образец теодолитно-тахеометрического плана приведен на рисунке 8.

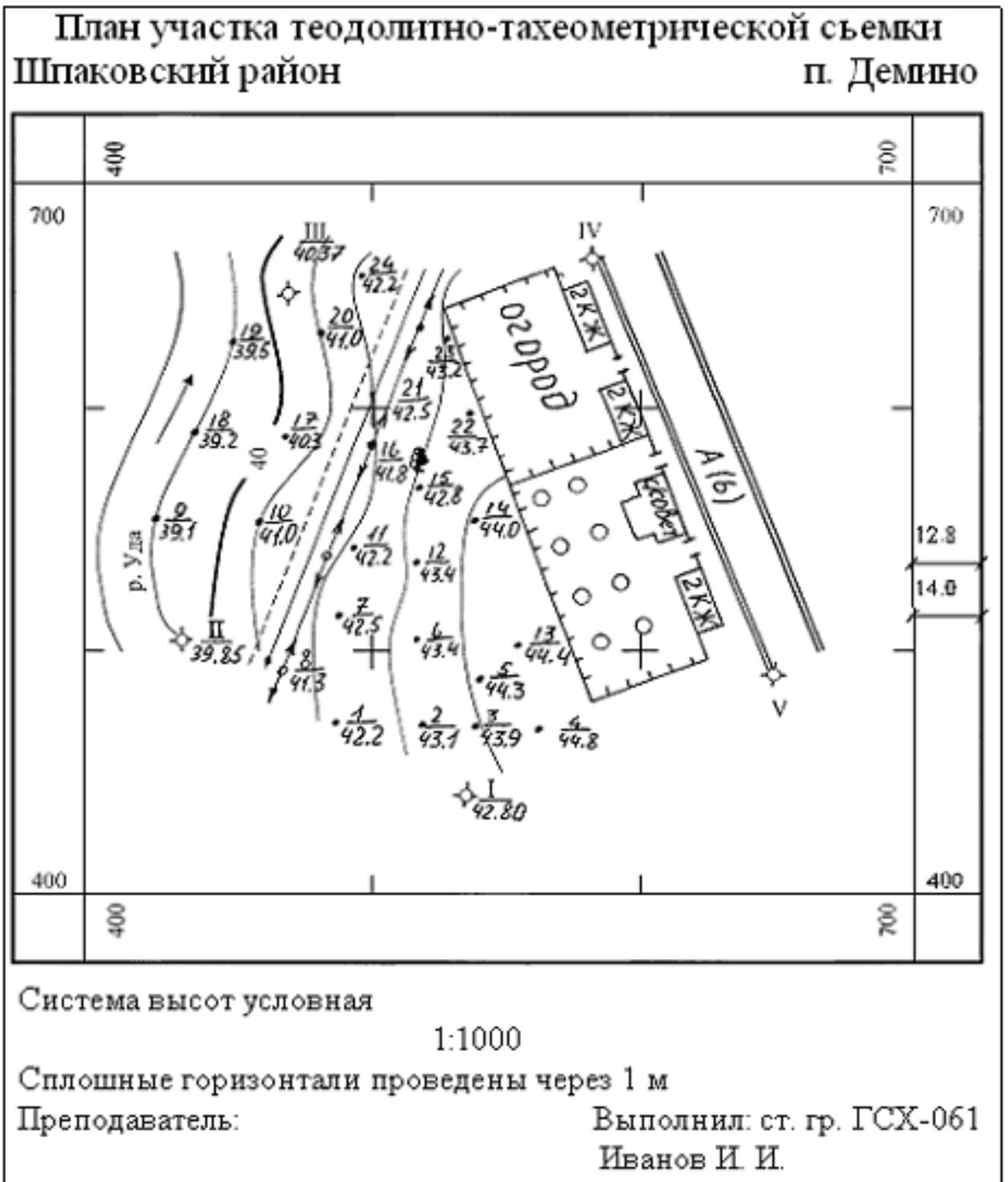


Рисунок 8 – Образец плана теодолитно-тахеометрической съемки

6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА И ЕГО ФОРМА

Отчет по контрольной работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать: цель работы; схему теодолитного хода, ведомость изме-

ренных углов и длин сторон и индивидуальное задание согласно варианту;

обработанную ведомость вычисления координат станций теодолитного хода с указанием угловых, линейных невязок и невязок в превышениях; обработанный журнал тахеометрической съемки.

К сшитому отчету прилагается выполненный в масштабе 1:1000 план теодолитно-тахеометрической съемки с нанесенными на него горизонталями с сечением рельефа 1 м.

7. ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РАБОТЫ

1. В чем отличие в проведении горизонтальной теодолитной съемки от тахеометрической?
 2. В чем сущность и как решается прямая геодезическая задача? 3. Какие способы съемки ситуации вы знаете?
 4. В чем сущность и как проводится тригонометрическое нивелирование?
 5. Как проводят интерполяцию аналитическим и графическим способами?
- Защита проводится в виде собеседования.

ЛИТЕРАТУРА 1.

Основная

1. Инженерная геодезия. Учеб. для вузов / Е. Б. Ключин, М. И. Киселев, Д. Ш. Михелев, В. Д. Фельдман; Под ред. Д. Ш. Михелева. – М.: Высш. шк., 2000. – 464 с.
2. Федотов Г. А. Инженерная геодезия: Учебник / Г. А. Федотов. – М.: Высш. шк., 2002. – 463 с.
3. Куштин И. Ф., Куштин В. И. Инженерная геодезия. Учебник. – Ростов н/Д.: ФЕНИКС, 2002. – 416 с.