

КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ
Кафедра астрономии и космической геодезии

В.С. МЕНЖЕВИЦКИЙ, М.Г. СОКОЛОВА, Н.Н. ШИМАНСКАЯ

**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ
ПО ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЕ**

Учебно-методическое пособие

Казань – 2015

УДК 744

*Принято на заседании кафедры астрономии и космической геодезии
Протокол № ?? от ?? мая 2015 года*

Рецензенты:

доктор физико-математических наук,
профессор кафедры астрономии и космической геодезии **Р.А. Кашеев**;
кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры..... **В.С. Боровских**

Менжевицкий В.С.

Решение задач по топографической карте / В.С. Менжевицкий, М.Г. Соколова, Н.Н. Шиманская. - Казань: Казан. ун-т, 2015. – 62 с.

Пособие предназначено для практических занятий по дисциплинам «Топография», «Топография с основами геодезии», «Геодезия» для студентов географического, геологического, биологического и экологического факультетов, а также для студентов кафедры астрономии и космической геодезии института физики, обучающихся по направлению подготовки «Геодезия и дистанционное зондирование». Все рассмотренные в пособии темы ориентированы на работу с топографической картой.

© Менжевицкий В.С.,
Соколова М.Г.,
Шиманская Н.Н., 2015
© Казанский университет, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Общие сведения	5
Тема 1. Номенклатура и разграфка карт. Определение долгот осевых меридианов	6
Тема 2. Измерение расстояний на карте	16
Тема 3. Определение географических и прямоугольных координат точек на топографической карте	21
Тема 4. Определение азимутов и дирекционных углов направлений по топографической карте	26
Тема 5. Приращения координат. Прямая и обратная геодезические задачи	35
Тема 6. Изображение рельефа на топографической карте способом горизонталей	39
Тема 7. Вычисление площадей участков по топографической карте	47
Тема 8. Географическое описание участков местности по топографической карте	51
Задания для самостоятельной работы	54
Список литературы	61

Введение

Учебное пособие предназначено для практических занятий по дисциплинам «Топография», «Топография с основами геодезии», «Геодезия» для студентов географического, геологического, биологического и экологического факультетов, а также для студентов кафедры астрономия и космической геодезии института физики, обучающихся по направлению подготовки «Геодезия и дистанционное зондирование».

В пособии рассмотрены следующие темы: «Определение долгот осевых меридианов и номенклатуры карты», «Масштабы. Измерение прямых линий на карте», «Определение географических, прямоугольных координат точек», «Определение азимутов и дирекционных углов направлений», «Приращения координат. Прямая и обратная геодезические задачи», «Изображение рельефа на топографической карте способом горизонталей», «Вычисление площадей участков на топографической карте», «Географическое описание участков местности по топографической карте». По каждой теме вводятся основные понятия и их определения, рассматриваются примеры решения различных типов задач, решаемых на топографической карте.

Для прочного усвоения материала студентам сначала рекомендуется ознакомиться с теоретической частью темы, используя учебную литературу, а затем разобрать методику и примеры решения задач, приведенных в учебном пособии. При этом особое внимание следует обратить на аккуратность и точность выполнения вычислительных и графических работ и обязательно контролировать результаты вычислений. Самостоятельное решение контрольных заданий поможет студентам овладеть практическими навыками работы с топографической картой и подготовит их к работе в период летней полевой топографической практики. Для выполнения заданий учебные карты разных масштабов и инструменты студенты могут получить на кафедре астрономии и космической геодезии.

Общие сведения

Топографическая карта представляет собой общегеографическую карту, на которой изображаются все наиболее характерные элементы земной поверхности, имеющие видимые геометрические очертания. К таким элементам относятся рельеф, гидрография, растительный покров, населенные пункты, пути сообщения и отдельные важные по своему социальному значению предметы.

Горизонтальным проложением (ab) называют ортогональную проекцию линии на местности (AB) на горизонтальную плоскость (рис. 1). На картах и планах отображается именно горизонтальное проложение между точками. Если местность равнинная, то расстояние на местности равно его горизонтальному проложению.

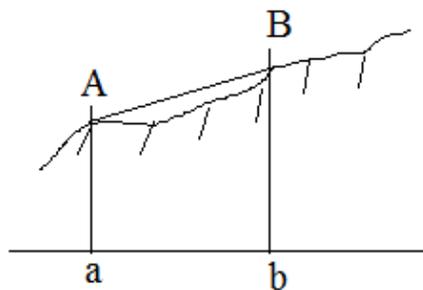


Рис. 1. Горизонтальное проложение

Для составления карт результаты измерений линий на местности уменьшают в несколько сотен или тысяч раз. Степень уменьшения характеризуется масштабом карты. **Масштаб** - это отношение длины линии на карте к горизонтальному проложению данной линии на местности. Масштаб карты указывается под нижней стороной рамки листа карты и имеет вид 1:М, например, 1:1000, 1:5000, 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000. Число М - знаменатель численных масштабов, выраженных дробями с числителем, равным 1, показывает во сколько раз уменьшены горизонтальные проложения при их отображении на карте. Выражение 1:10000 читается как «в 1 см - 100 м», то есть одному сантиметру на карте соответствует 10 000 см на местности или (зачеркиваем два последних нуля) 100 метров. Различают масштабы крупные и мелкие. Чем меньше

знаменатель численного масштаба, тем крупнее масштаб карты и более детальное изображение местности на ней.

Тема 1. Номенклатура и разграфка карт. Определение долгот осевых меридианов

Топографические карты охватывают огромные территории и состоят из многих листов, объединенных единой системой номенклатуры и разграфки. *Номенклатурой карты* называют систему обозначений отдельных ее листов. Единая система разграфки состоит в том, что для изображения на отдельных листах всю земную поверхность делят на части меридианами и параллелями по определенным правилам. Деление места карты меридианами и параллелями одного масштаба на листы карты более крупного масштаба называется *разграфкой карты*.

Изображение на каждом листе ограничено внутренней рамкой, которая имеет форму трапеции. Левая (западная) и правая (восточная) стороны трапеции - это отрезки меридианов. Верхняя (северная) и нижняя (южная) стороны рамки - отрезки параллелей. Широты параллелей и долготы меридианов подписаны в углах трапеции. Номенклатура отдельного листа карты подписывается над ее северной рамкой.

Для того чтобы изобразить земную поверхность на плоскости, переходят от ее физической формы к математической, в качестве которой принимают поверхность эллипсоида вращения (сфероида). Затем математическую поверхность Земли изображают на плоскости. Так как без искажений поверхность сфероида изобразить на плоскости невозможно, то строят условные изображения земной поверхности, основанные на некоторых заранее принятых математических зависимостях между координатами точек на сфероиде и их изображениями на плоскости. Способы условного изображения земной поверхности на плоскости называют *картографическими проекциями*.

Для составления топографических карт не территории нашей страны принята равноугольная проекция Гаусса-Крюгера. Всю земную поверхность делят меридианами на шести- или трехградусные зоны в зависимости от масштаба составляемой карты (рис. 1а, б). В каждой зоне проекции Гаусса-Крюгера меридиан, проходящий через центр зоны, называется осевым меридианом зоны. Линия осевого меридиана зоны перпендикулярна линии

экватора, остальные меридианы зоны - это кривые, сходящиеся в полюсах.

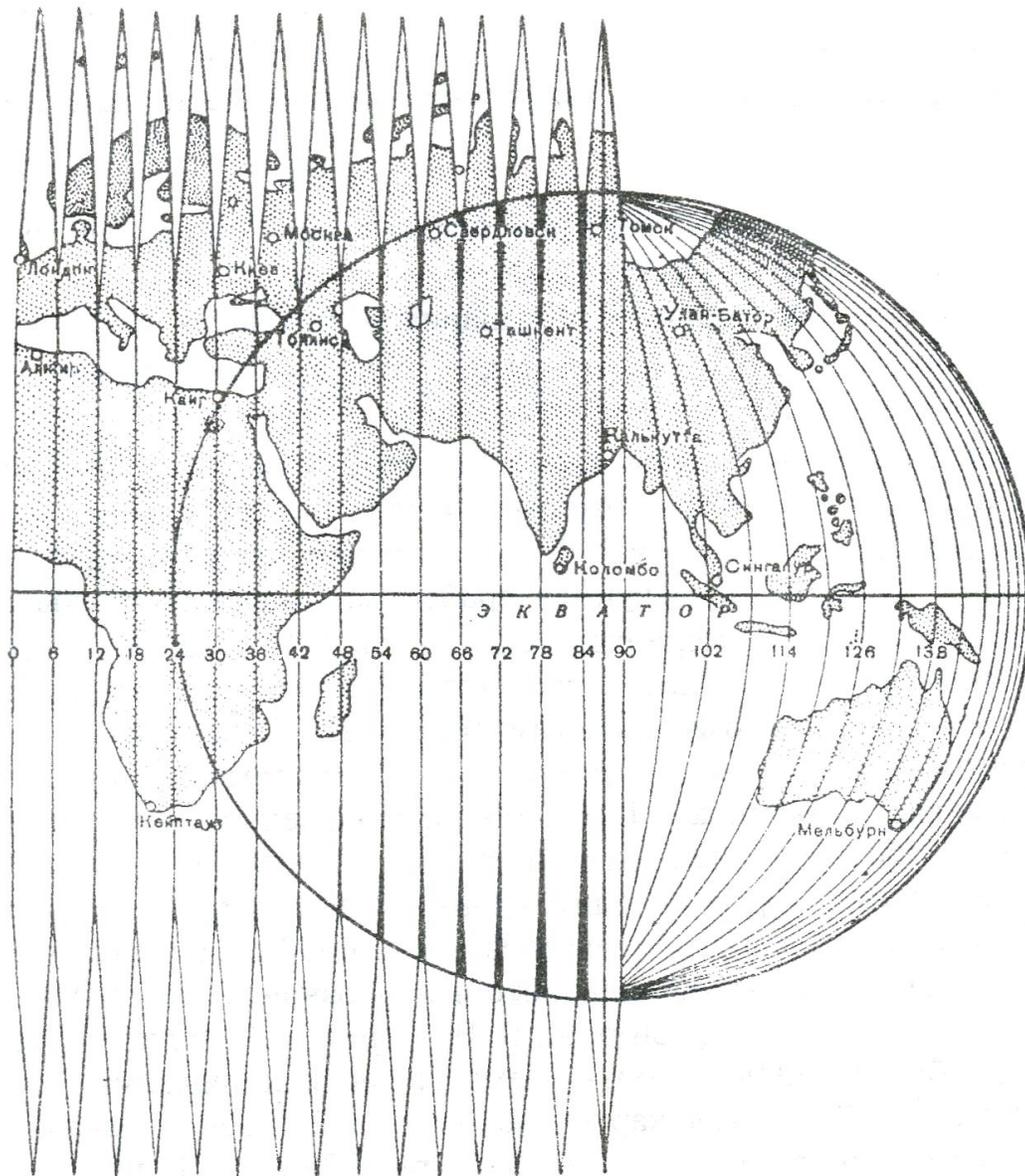


Рис. 1а. Шестиградусные зоны в поперечно-цилиндрической проекции Гаусса-Крюгера

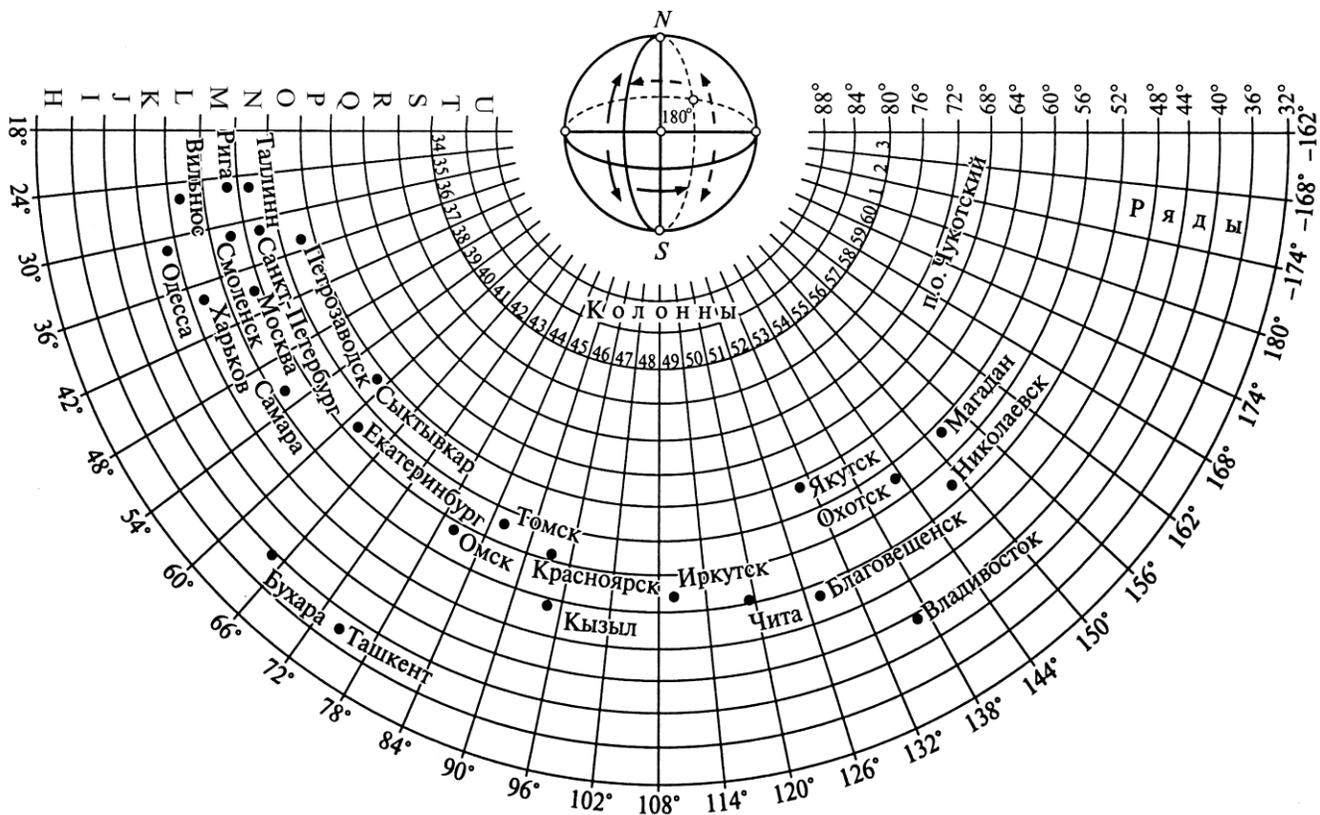


Рис. 1б. Номенклатура карты масштаба 1:1000 000

Шестиградусные зоны проекции Гаусса-Крюгера нумеруются арабскими цифрами, начиная от гринвического меридиана, с запада на восток (рис. 1а). Долготы осевых меридианов зон вычисляются по формулам:

$$\lambda = (N \cdot 6^\circ) - 3^\circ - \text{для восточного полушария,}$$

$$\lambda = 180^\circ - [(N - 30) \cdot 6^\circ - 3^\circ] - \text{для западного полушария,}$$

где N – номер зоны.

Пример 1. Определить долготу осевого меридиана зон:

- 1) 5-й;
- 2) 39-й.

- 1) $\lambda = (5 \cdot 6^\circ) - 3^\circ = 27^\circ$ восточной долготы (в.д.),

$$2) \lambda = 180^\circ - [(39-30) \cdot 6^\circ] - 3^\circ = 129^\circ \text{ западной долготы (з.д.).}$$

Пример 2. Определить в каких зонах осевые меридианы имеют долготу:

1) 153° в.д.; 2) 27° з.д.

1) Номер зоны для восточного полушария вычисляется по формуле:

$$N = (\lambda + 3^\circ) / 6^\circ = (153^\circ + 3^\circ) / 6^\circ = 26.$$

2) Номер зоны для западного полушария вычисляется по формуле:

$$N = (180^\circ - \lambda - 3^\circ) / 6^\circ + 30 = (180^\circ - 27^\circ - 3^\circ) / 6^\circ + 30 = 55.$$

В основу номенклатуры карт положена международная карта масштаба 1:1000000, которую делят на отдельные листы меридианами через 6° на 60 колонн и параллелями через 4° на ряды. Колонны нумеруются арабскими цифрами с запада на восток, начиная от меридиана с долготой 180° . Ряды обозначают заглавными буквами латинского алфавита, начиная от экватора к северному и южному полюсам (рис. 1б). Проведенные таким образом меридианы и параллели служат рамками отдельных листов карты масштаба 1:1000 000, а ее номенклатура состоит из буквы, обозначающей ряд, и числа - номера колонки, например, $N-35$.

В одном листе карты масштаба 1:1 000 000 содержатся 4 листа карты масштаба 1:500 000, которые обозначаются заглавными буквами русского алфавита А, Б, В, Г (рис. 2); 9 листов карты масштаба 1:300 000, обозначаемые римскими цифрами от I до IX (рис. 2); 36 листов карты масштаба 1:200000, обозначаемые римскими цифрами I - XXXVI (рис. 2); 144 листа карты масштаба 1:100000, которые обозначаются арабскими цифрами от 1 до 144 (рис. 2).

В основу номенклатуры листов карт более крупных масштабов положена номенклатура листов карты масштаба 1:100 000. В одном листе карты этого масштаба содержится 4 листа карты масштаба 1:50000, которые обозначаются буквами А, Б, В, Г; каждый лист масштаба 1:50 000 содержит 4 листа карты масштаба 1:25 000, обозначаемые буквами а, б, в, г; каждый из последних содержит 4 листа карты масштаба 1:10 000, которые нумеруются 1, 2, 3, 4 (рис. 2).

При переходе к более крупномасштабным картам (1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500), которые принято называть топографическими планами, возвращаются к номенклатуре листа карты масштаба 1:100000. Для получения номенклатуры листа масштаба 1:5000 лист карты масштаба 1:100 000 делят на 256 частей, которые нумеруются 1, 2, ..., 256 (рис. 2), например, N-35-115-(250). Затем при переходе к масштабу 1:2 000 каждую из них делят еще на 9 частей и обозначают буквами от а до и (рис. 2), например, N-35-115-(50-д).

Для съемки в масштабе 1:1000 лист плана масштаба 1:2000 делят на 4 части и обозначают цифрами I, II, III, IV, например, N-35-115-(50-д-И) и на 16 частей для съемки в масштабе 1:500, обозначаемых цифрами 1, 2, 3, 4, ..., 16, например, N-35-115-(50-Д-12).

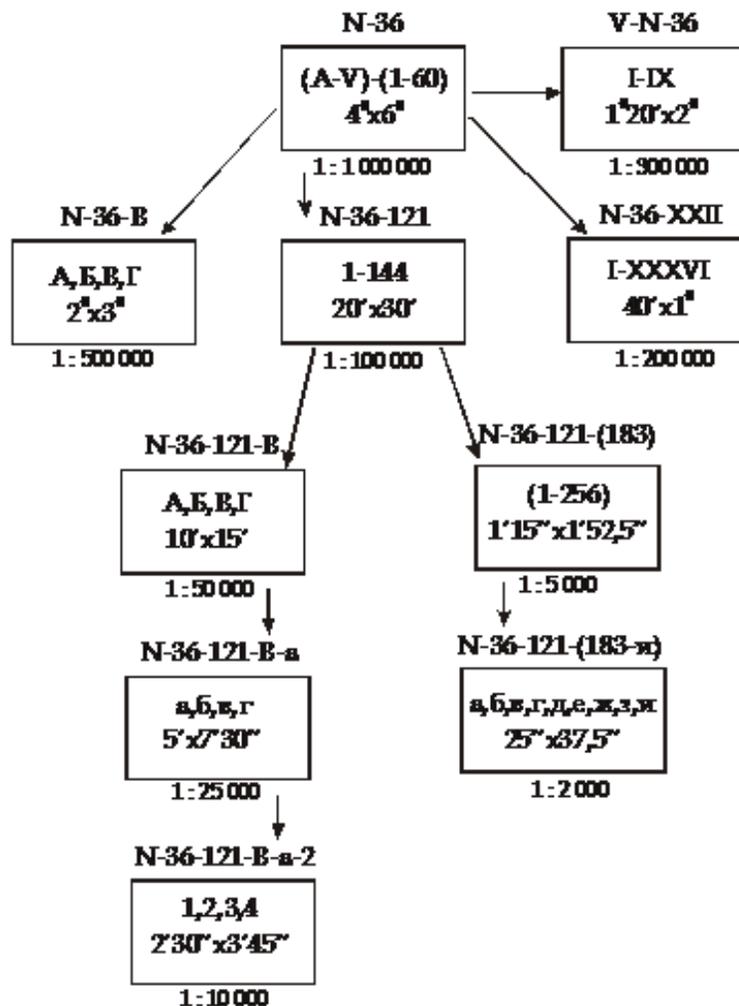


Рис. 2. Номенклатура и разграфка листа карты масштаба 1:1 000 000

Если известна номенклатура листа карты, то можно определить географические координаты углов трапеции и, наоборот, по координатам определить номенклатуру карты.

Пример 3. По номенклатуре карты *N - 35* определить географические координаты углов рамки листа карты.

Данная номенклатура соответствует масштабу 1:1000000, так как содержит только порядковый номер колонки 35 и номер ряда 14, соответствующий латинской букве *N* (табл. 1).

Таблица 1.

Порядковый номер латинских букв

1. A	7. G	13. M	19. S
2. B	8. H	14. N	20. T
3. C	9. I	15. O	21. U
4. D	10. J	16. P	22. V
5. E	11. K	17. Q	23. Z
6. F	12. L	18. R	

Для определения широты северной рамки φ_c листа масштаба 1:1000000 порядковый номер буквы ряда умножают на 4° , а широта южной рамки $\varphi_{ю}$ на 4° меньше широты северной рамки, тогда

$$\varphi_c = 4^\circ \cdot 14 = 56^\circ \text{ с. ш.}, \quad \varphi_{ю} = 56^\circ - 4^\circ = 52^\circ \text{ с. ш.}$$

При определении долготы меридиана восточной рамки λ_B (для восточного полушария) от номера колонки отнимается 30 и оставшееся число умножается на 6° , тогда долгота восточного меридиана равна

$$\lambda_B = (35 - 30) \cdot 6^\circ = 30^\circ \text{ в. д.},$$

долгота западного меридиана будет иметь долготу

$$\lambda_3 = 30^\circ - 6^\circ = 24^\circ \text{ в. д.}$$

Пример 4. По номенклатуре *N-35-41-A* определить географические координаты углов рамки листа карты.

Рассматриваем номенклатуру листа, в которой (*N-35*) - это номенклатура листа карты масштаба 1:1000000, 41 - номер листа карты масштаба 1:100000, А - номер листа карты масштаба 1:50000. По номенклатуре *N - 35* определяем координаты углов трапеции листа масштаба 1:1000000 (см. пример 3):

$$\varphi_{с} = 56^{\circ} \text{ с. ш.}, \quad \varphi_{ю} = 52^{\circ} \text{ с. ш.},$$

$$\lambda_{в} = 30^{\circ} \text{ в. д.}, \quad \lambda_{з} = 24^{\circ} \text{ в. д.}$$

Листы карты масштаба 1:100 000 расположены по 12 в ряд (рис. 3). Поэтому 41 лист карты находится в 4-м ряду от северной рамки и в 5-м от западной рамки миллионного листа.

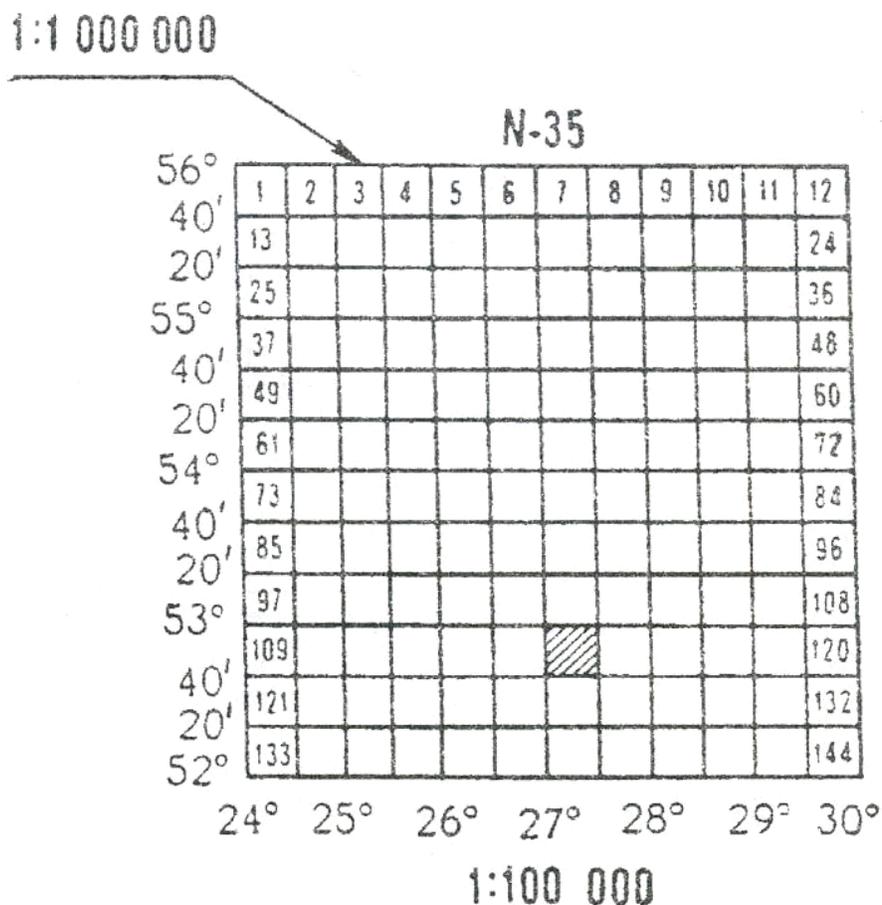


Рис. 3. Разграфка листа карты масштаба 1:100 000

Размеры листа масштаба 1:100 000 по широте 20' («'» - минута) и по долготе 30', тогда координаты углов трапеции листа масштаба 1:100 000 будут равны:

$$\begin{aligned} \varphi_{\text{с}} &= 54^{\circ} 40' + 20' = 55^{\circ} 00' \text{ с. ш.}; & \varphi_{\text{ю}} &= 56^{\circ} - (4 \cdot 20') = 54^{\circ} 40' \text{ с. ш.}; \\ \lambda_{\text{в}} &= 24^{\circ} + (5 \cdot 30') = 26^{\circ} 30' \text{ в. д.}, & \lambda_{\text{з}} &= 26^{\circ} 30' - 30' = 26^{\circ} 00' \text{ в. д.} \end{aligned}$$

Лист масштаба 1:50 000 расположен в северо-западном углу карты масштаба 1:100 000. Его северная и западная рамки совпадают с соответствующими рамками листа карты масштаба 1:100 000 и имеют ту же широту и долготу (рис. 6). По размерам листа карты масштаба 1:50 000 (10' по широте и 15' по долготе) определяем координаты листа карты с номенклатурой N-35-41-A

$$\begin{aligned} \varphi_{\text{с}} &= 55^{\circ} 00' \text{ с. ш.}; & \varphi_{\text{ю}} &= 55^{\circ} 00' - 10' = 54^{\circ} 50' \text{ с. ш.}, \\ \lambda_{\text{в}} &= 26^{\circ} 00' + 15' = 26^{\circ} 15' \text{ в. д.}, & \lambda_{\text{з}} &= 26^{\circ} 00' \text{ в. д.} \end{aligned}$$

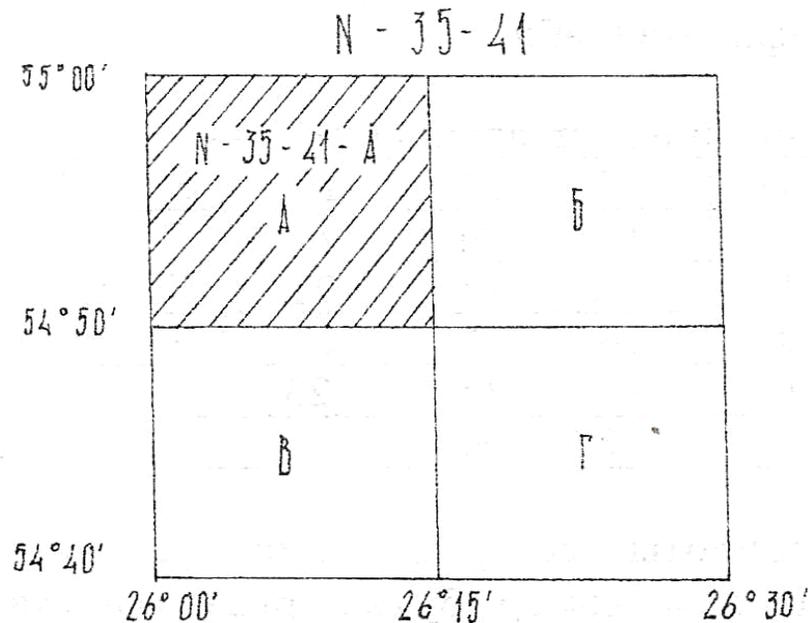


Рис. 4. Определение координат углов трапеции масштаба 1:50000

Пример 5. Определите номенклатуру листа карты масштаба 1:500000 для Казани (широта $\varphi = 55^{\circ} 50'$, долгота $\lambda = 46^{\circ} 48'$).

Определим номенклатуру и координаты углов листа карты масштаба

1:10000000 для Казани. Для определения номера колонки N используем значение, меньшее значения долготы Казани и кратное 6, и прибавляем число колонок 30, так как счет колонок ведется от меридиана с долготой 180^0 , а долгота отсчитывается от меридиана с долготой 0^0 :

$$N = (42^0 : 6) + 30 = 37.$$

Букву ряда находим по значению широты Казани. Для этого используем значение, большее значения широты Казани и кратное 4, тогда

$$56 : 4 = 14,$$

цифра 14 соответствует букве N (см. табл. 1).

Координаты листа масштаба 1:1000000, куда попадает Казань, показаны на рис. 5. Координаты листа масштаба 1:500000, куда попадает Казань, показаны на рис. 6. Для определения номенклатуры листов карты более крупных масштабов можно использовать значения $\Delta\varphi'$ $\Delta\lambda'$ – размеры (в минутах) по широте и долготе листов карт разных масштабов (табл. 2).

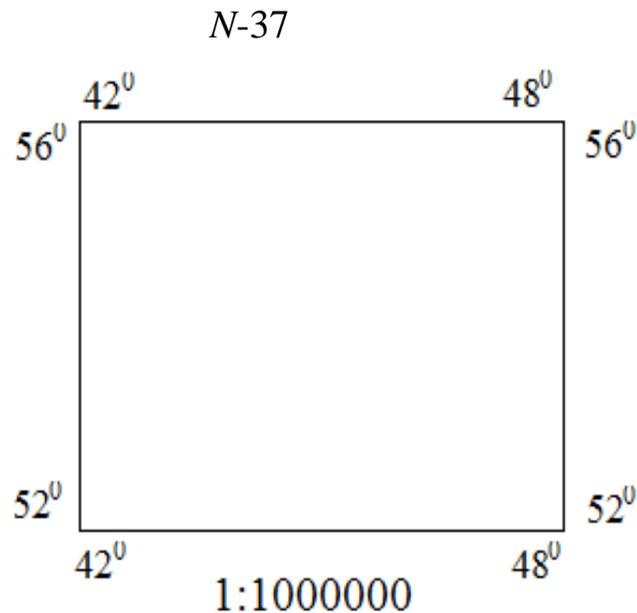


Рис. 5. Координаты листа масштаба 1:1000000 для Казани

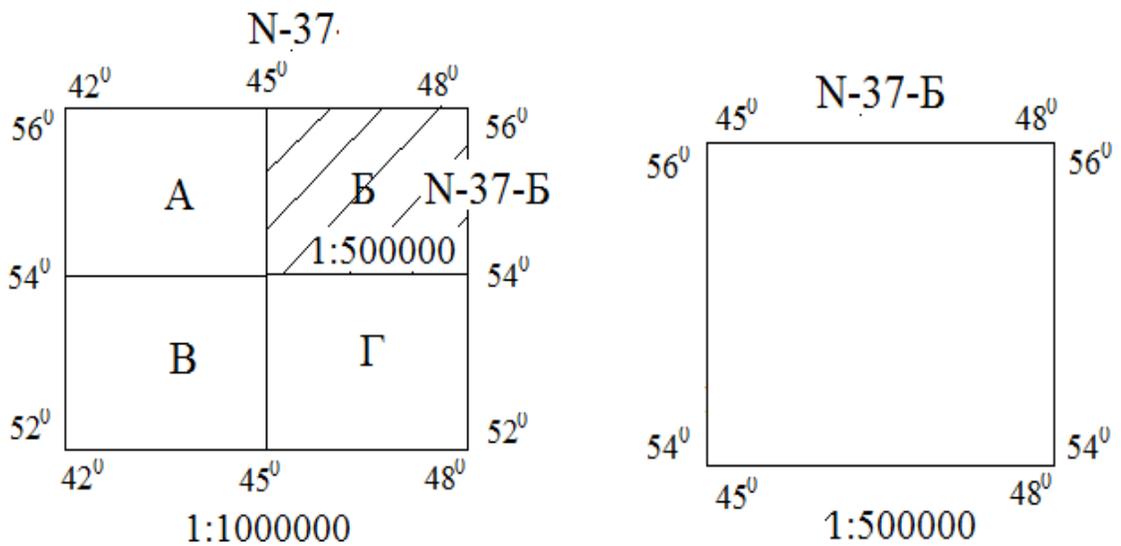


Рис. 6. Номенклатура листа карты масштаба 1:500000 для Казани

Таблица 2.

Номенклатура и масштаб карты

Масштаб	по долготе	по широте	в листе карты исходного масштаба	в листе миллионной карты
1:1 000 000	6°	4°	1	1
1:500000	3°	2°	4	4
1:200000	1°	0°40'	36	36
1:100000	0°30'	0°20'	144	144
1:50000	0°15'	0°10'	4	576
1:25000	0°07'30"	0°05'	4	2304
1:10 000	0°03'45"	0°02' 30"	4	9216
1:5 000	0°01'52 5"	0°01'15"	256	36864
1:2 000	0°00'37,5"	0°00'25"	9	331 776

Тема 2. Измерение расстояний на карте

Длину прямой линии на топографической карте можно измерить и отложить с помощью численного, линейного и поперечного масштабов. **Численный масштаб** указывается под южной рамкой листа карты и читается, например, для масштаба 1:25 000 как «в 1 см 250 м».

Пример 6. По учебной карте У - 34 - 37 - В (Снов) определить с помощью численного масштаба расстояние по прямой между пунктом триангуляции (квадрат 74-15) и церковью (квадрат 66-10).

Карта имеет масштаб 1:50 000. Измеряем с помощью измерителя и линейки на карте расстояние между двумя этими пунктами (9,9 см) и умножаем его на знаменатель масштаба:

$$9,9 \text{ см} \cdot 50\,000 \text{ см} = 495\,000 \text{ см} = 4\,950 \text{ м} = 4 \text{ км } 950 \text{ м}.$$

Пример 7. По учебной карте У - 34 - 37 - В (Снов) определить с помощью численного масштаба расстояние по прямой между пунктом триангуляции с отметкой высоты 171,8 в квадрате (66-10) и ветряной мельницей в квадрате (66-12).

Масштаб карты равен 1:25 000, т.е. 1 см на карте соответствует на местности 250 м. Измеряем с помощью измерителя и линейки на карте расстояние между пунктами (8,6 см), умножаем его на знаменатель масштаба:

$$8,6 \text{ см} \cdot 25\,000 \text{ см} = 215\,000 \text{ см} = 2\,150 \text{ м} = 2 \text{ км } 150 \text{ м}.$$

Чтобы не производить вычислений пользуются шкалой (номограммой), называемой **линейным масштабом**. Удобно использовать линейный масштаб при измерении прямых линий небольшой длины. На карте шкала линейного масштаба (рис. 7а) расположена под численным масштабом.



Рис. 7а. Линейный масштаб

Пример 8. По учебной карте У-34-37-В-в-4 (Снов) найти расстояние между мукомольным (квадрат (66-14)) и кирпичным (квадрат (66-13)) заводами по линейному масштабу.

Взяв заданное расстояние на карте в раствор измерителя, правую его ножку устанавливают на один из штрихов справа от нуля (целый отсчет 700 м) так, чтобы левая ножка измерителя попала в промежуток шкалы слева от нуля (отсчитываем от нуля - 140 м) (рис. 7б). Искомое расстояние - расстояние между штрихами, обозначенными крестиками, равно 840 м.

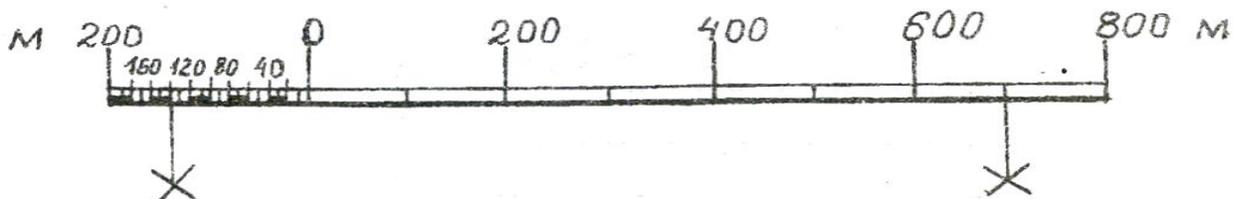


Рис. 7б. Линейный масштаб

Для повышения точности измерения расстояний пользуются *поперечным масштабом*. Отрезок АВ - это основание поперечного масштаба, отрезок АС - это основание, разграфленное наклонными линиями (рис. 8а).

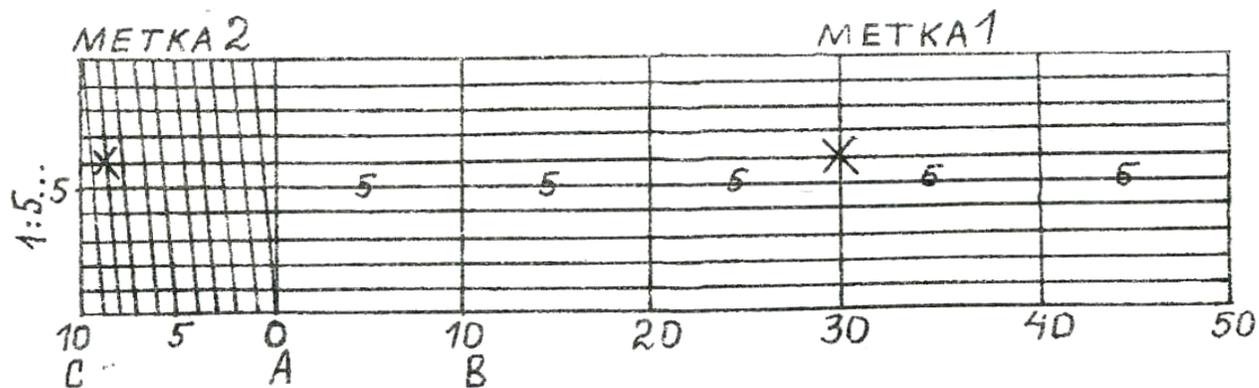


Рис. 8. Поперечный масштаб

Значение величины основания зависит от численного масштаба. Для определения длины линии на карте масштаба измерителем берут в раствор линии и устанавливают его на поперечном масштабе, например, 1:50000, соответствующем именно этому заданному численному масштабу. При этом обе ножки измерителя располагают на одной горизонтальной линии так, чтобы правая ножка находилась на одном из перпендикуляров к основанию, а его левая ножка должна совпасть с одной из наклонных линий разграфленного основания.

По цифровым обозначениям линий, на которых установлены ножки измерителя (рис. 8), определяют:

- количество оснований - число отрезков АВ (3);
- по нижней горизонтальной шкале разграфленного основания АС число десятых (8);
- по вертикальной шкале разграфленного основания АС число сотых (6) основания.

Затем находят значение величины основания для масштаба 1:50 000, т.е. в 1 см на местности - 500 м, тогда длина основания - 2 см.

Следовательно, для данного масштаба

- величина **основания** равна $500 \text{ м} \cdot 2 = 1000 \text{ м}$,
- **десятые доли** основания равны **100 м**,
- **сотые доли** основания – **10 м**.

Для данного примера длина линии равна:

$$1000 \cdot 3 + 100 \cdot 8 + 10 \cdot 6 = 3000 + 800 + 60 = 3860 \text{ м.}$$

Численный масштаб, которому соответствует данный поперечный масштаб, указан слева от разграфленного основания в виде:

1:1... -- для численных масштабов, знаменатель которых начинается с единицы (1:1000, 1:10 000, 1:100 000, 1:1000 000);

1:2... -- для численных масштабов, знаменатель которых начинается с двойки (1:2000, 1:200 000);

1:25... -- для численных масштабов, знаменатель которых начинается с цифры 25 (1:25 000, 1:250 000);

1:5... -- для численных масштабов, знаменатель которых начинается с пятерки (1:5000, 1:50 000, 1:500 000).

Точность измерения отрезков по поперечному масштабу ограничивается пределом, равным 0,1 мм. Отрезок в 0,1 мм называется предельной графической точностью. **Предельная точность масштаба** – это горизонтальное расстояние на местности, соответствующие в 0,1 мм на плане любого масштаба. Максимальная точность, которая теоретически возможна при измерениях расстояний на карте заданного масштаба, указана в табл. 3.

Таблица 3.

Точность измерения расстояний на карте

Масштаб	Точность, (м)
1 : 500	0,5
1 : 10 000	1,0
1 : 25 000	2,5
1 : 50 000	5,0

Пример 9. При измерении линии по карте масштаба 1:5000 раствор измерителя получился равный 4 основания, 5 десятых и 2 сотых. Определить длину линии на местности.

В заданном масштабе 1 см - это 50 м. Длина основания равна 2 см, тогда его величина в заданном масштабе: $50 \text{ м} \cdot 2 = 100 \text{ м}$, десятые основания - 10 м, сотые - 1 м. Таким образом, мы получаем длину измеряемой линии:

$$100 \cdot 4 + 10 \cdot 5 + 1 \cdot 2 = 4520 \text{ м} = 4 \text{ км } 520 \text{ м}.$$

Пример 10. Отложить на карте масштаба 1:25 000 отрезок, равный 1270 м.

Для масштаба 1:25000 (в 1 см – 250 м) основание поперечного масштаба равно 4 см, следовательно, $250 \text{ м} \cdot 4 = 1000 \text{ м}$, тогда десятые основания – 100 м, сотые основания – 10 м. Разделим заданную длину отрезка на величину основания и получим количество оснований, десятых и сотых основания:

$$1270 \text{ м} / 1000 \text{ м} = 1,27.$$

Устанавливаем раствор циркуля: на поперечном масштабе одно основание, две десятых – 2 деления на разграфленном основании и семь сотых – 7 делений по вертикальным наклонным линиям. Это будет равно длине заданного отрезка:

$$1000 \text{ м} \cdot 1 + 100 \text{ м} \cdot 2 + 10 \text{ м} \cdot 7 = 1270 \text{ м}.$$

Пример 11. По учебной карте У-34-37-В–в-4 (Снов) найти с помощью поперечного масштаба расстояние между вершиной г. Голая (квадрат (65-11)) и вершиной г. Андогская (квадрат (66-11)).

Измеряем расстояние между объектами измерителем. Так как масштаб карты 1:10 000, то по поперечному масштабу, имеющему слева от разграфленного основания надпись 1:1..., определяем число оснований - 9, число десятых - 0, число сотых - 9. Длина основания поперечного масштаба 1 см, на местности - это соответствует 100 м. Тогда величина одного основания равна: $100 \text{ м} \cdot 1 = 100 \text{ м}$, десятых основания – 10 м, сотых - 1 м. Расстояние будет равно:

$$100 \text{ м} \cdot 9 + 10 \text{ м} \cdot 0 + 1 \text{ м} \cdot 9 = 909 \text{ м}.$$

Тема 3. Определение географических и прямоугольных координат точек на топографической карте

Географическая широта φ точки - это угол между направлением отвесной линии, проходящей через заданную точку, и плоскостью экватора.

Географическая долгота λ точки - это двугранный угол между плоскостью меридиана, проходящего через заданную точку и плоскостью начального (Гринвичского) меридиана.

Для определения географических координат точки на карте построена минутная рамка (рис. 9). Ее стороны разделены на чередующиеся белые и черные отрезки, каждая равна одной минуте. Каждый минутный отрезок размечен точками по 10 секунд каждая.

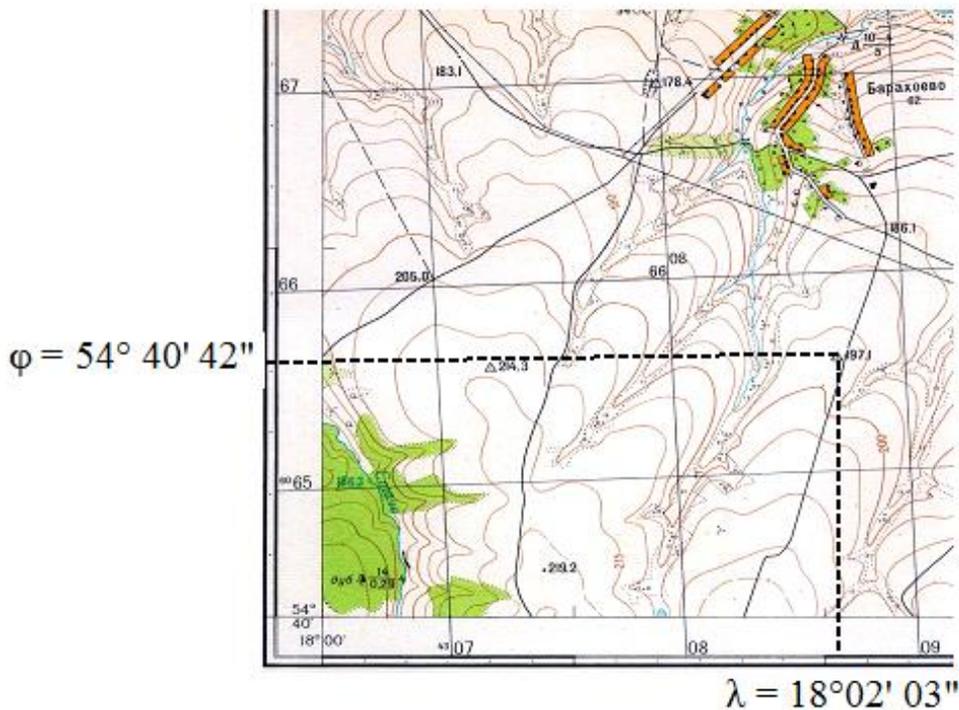


Рис. 9. Определение географических координат

Чтобы определить широту и долготу заданной точки, необходимо опустить перпендикуляры соответственно на западный меридиан и южную параллель карты (рис. 9). Затем к начальным значениям широты и долготы юго-западного угла рамки, подписанным на карте, прибавить число минут и секунд, подсчитанных от начальных значений φ и λ до опущенных

перпендикуляров.

Пример 12. По учебной карте У - 34 - 37 - В - в (рис. 9) определить географические координаты пункта триангуляции 197,1 (квадрат (65-08)).

Опустим перпендикуляры на западный меридиан (т.е. проведем параллель через заданную точку) и южную параллель (т.е. проведем меридиан через заданную точку). Широта юго-западного угла рамки равна $54^{\circ}40'$, долгота - $18^{\circ}00'$. Число полных минут (чередующихся черных и белых полос) до опущенного перпендикуляра на меридиан составляет 0, а секунд (число точек) - 4 и на глаз определяем десятые (2). Отметим, что $1' = 60''$ (секунд), т.е. одна секундная точка на карте равна $10''$. Тогда искомая широта равна

$$\varphi = 54^{\circ}40' + 0' + 4,2 \cdot 10'' = 54^{\circ} 40' 42''.$$

До опущенного на параллель перпендикуляра подсчитываем число полных минут (черная и белая полосы) - 2, секунд - 0 точек и оцениваем на глаз десятые (3), вычисляем долготу:

$$\lambda = 18^{\circ}00' + 2' + 0,3 \cdot 10'' = 18^{\circ}02' 03''.$$

Прямоугольными координатами называются линейные величины абсцисса и ордината, определяющие относительное положение заданной точки на плоскости. В равноугольной проекции Гаусса - Крюгера абсцисса точки (координата x) - это расстояние от экватора до заданной точки в метрах, ордината точки (координата y) - это расстояние от осевого меридиана зоны до заданной точки (рис. 10).

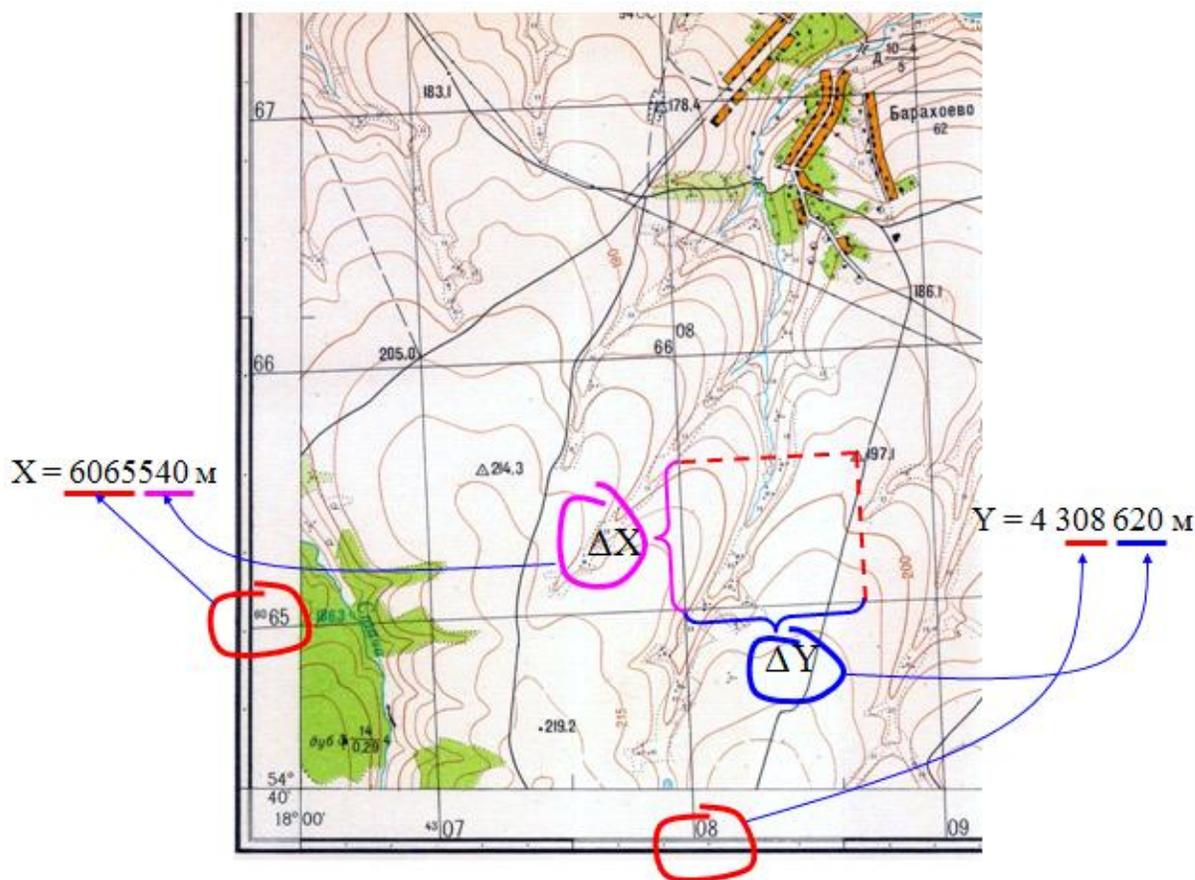


Рис. 10. Определение прямоугольных координат

Таким образом, в геодезии в отличие от системы координат, принятой в математике, ось абсцисс ОР расположена вертикально и параллельна осевому меридиану зоны, а ось ординат - горизонтально и параллельна линии экватора. Чтобы ординаты были всегда положительными, точка О начала координат в геодезии имеет координаты (0; 500 км). Поэтому ординаты объектов, расположенные к западу от осевого меридиана, имеют $y < 500$ км, а к востоку $y > 500$ км. Если объект (рис. 10) имеет прямоугольные координаты (6065610, 4307260), то это значит, что $x = 6065$ км 610 м – это расстояние точки до экватора, $y = (4)307$ км 260 м, где 4 - это номер зоны в проекции Гаусса-Крюгера, а 312 км 345 м - это расстояние от осевого меридиана зоны к западу.

На картах большинства масштабов координатные оси изображаются через каждый километр на местности. Поэтому координатная сетка на топографической карте называется километровой и представляет собой сетку квадратов, подписанных как по оси абсцисс, так и по оси ординат.

Расстояние между линиями координатной сетки зависят от масштаба карты. Любой объект легко найти на карте, если указать последние две цифры квадратов, на пересечении которых расположен объект.

Пример 12. Определить прямоугольные координаты точки с отметкой высоты 149,7 в квадрате (66-12) по карте У - 34 - 37 - В - в - 4.

Для определения прямоугольных координат точки пользуются измерителем и поперечным масштабом. Чтобы найти абсциссу точки, измерителем берут раствор по перпендикуляру от точки до ближайшей нижней (южной) километровой линии и по поперечному масштабу находят это расстояние в метрах (см. Тема 2). Расстояние от ближайшей южной километровой линии, подписанной 6066, до указанной точки получилось равным 534 м. Эта величина приписывается справа к подписи километровой линии. В результате абсцисса точки с отметкой 149,7 будет равна $x = 6066534 \text{ м} = 6066 \text{ км } 534 \text{ м}$. Для нахождения ординаты с помощью поперечного масштаба измеряют расстояние в метрах по перпендикуляру от точки до ближайшей левой (западной) километровой линии (это расстояние равно 342 м) и его величину приписывают справа к подписи ближайшей левой (западной) километровой линии (в данном случае это цифра 4312). Тогда ордината точки с высотой 149,7 будет $y = 4312342 \text{ м}$, т.е. (4) - 312 км 342 м. Запишем прямоугольные координаты точки:

(6066534, 4312342).

Пример 13. По карте У- 34 - 37 – В – в - 4 найти объект с прямоугольными координатами (6065974, 4313800).

По первым четырем цифрам определяем, что объект расположен в квадрате (65-13), на расстоянии 974 м от южной стороны данного квадрата и 800 м от его западной стороны. Откладываем эти расстояния с помощью измерителя и поперечного масштаба на карте и на их пересечении найдем искомый объект - отдельно стоящее дерево.

Пример 14. Заданный объект расположен в квадрате (68-11), северо-западный угол которого имеет координаты $x_0 = 6068$ км, $y_0 = 4311$ км.

Измеренные расстояния от ближайшей вертикальной и горизонтальной линий квадрата, в котором расположен объект, с учетом масштаба карты составили $\Delta x = 424$ м = 0,424 км; $\Delta y = 568$ м = 0,568 км. Тогда прямоугольные координаты объекта равны

$$x = 6068,000 + 0,424 = 6068,424 \text{ км.}$$

$$y = 4311,000 + 0,558 = 4311,558 \text{ км.}$$

Тема 4. Определение азимутов и дирекционных углов направлений на топографической карте

Для определения направления на карте необходимо измерить азимут или дирекционный угол. Азимут может быть истинным и магнитным. **Истинный азимут ($A_{и}$)** - это угол между истинным (географическим) меридианом, проходящим через начальную точку линии, и направлением этой линии. Истинный меридиан обозначается звездочкой. **Магнитный азимут ($A_{м}$)** - это угол между магнитным меридианом, проходящим через начальную точку линии, и направлением этой линии. Истинный и магнитный азимуты измеряются от северных направлений меридианов по ходу часовой стрелки от 0° до 360° (рис. 11). Магнитный меридиан проходит по линии пересечения вертикальной плоскости, проходящей через магнитные полюса Земли, с горизонтальной плоскостью и обозначается стрелкой.

Угол между истинным и магнитным меридианами данной точки называется **склонением магнитной стрелки (δ)**. Если магнитный меридиан отклоняется от истинного к востоку, то склонение δ называют восточным (со знаком плюс), а если к западу - западным (со знаком минус). Таким образом, имеем:

$$A_{и} = A_{м} + (\pm \delta).$$

Склонение меняется со временем и широтой места наблюдения.

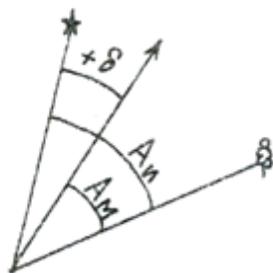


Рис. 11. Определение истинного и магнитного азимутов

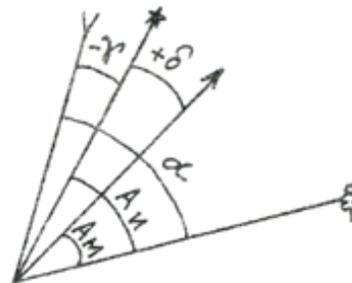


Рис. 12. Определение дирекционного угла

Пример 15. Истинный меридиан заданного направления составляет $150^{\circ}00'$, восточное склонение магнитной стрелки равно $6^{\circ}00'$. Найти магнитный азимут направления.

Вычисления проводим по формуле:

$$Am = Au - (\pm\delta) = 150^{\circ}00' - (+6^{\circ}00') = 144^{\circ}00'.$$

Пример 16. Перевести магнитный азимут $152^{\circ}10'$ в истинный, если западное склонение равно $10^{\circ}15'$.

Вычисляем по формуле:

$$Au = Am + (\pm\delta) = 152^{\circ}10' + (-10^{\circ}15') = 141^{\circ}55'.$$

Дирекционный угол (α) – это угол между осевым меридианом (или вертикальной линией километровой сетки), проходящим через начальную точку линии, и направлением этой линии. Дирекционный угол отсчитывается от северного направления линии километровой сетки по ходу часовой стрелки от 0° до 360° . Осевой меридиан обозначается обратной стрелкой (рис. 12).

Угол между истинным и осевым меридианами данной точки называется **сближением меридианов (γ)**. Если вертикальные линии километровой сетки северным концом отклоняются к востоку от истинного меридиана, то сближение γ будет положительным, если к западу – отрицательным. Зная значения магнитного склонения и сближения меридианов, мы можем по значению дирекционного угла направления линии найти ее истинный и магнитный азимуты, и, наоборот, от истинного и магнитного азимутов перейти к дирекционному углу.

Среднее сближение меридианов для листа карты рассчитывают по формуле:

$$\gamma = \Delta\lambda \cdot \sin \varphi_{\text{ср}},$$

где $\Delta\lambda = \lambda_{\text{ср}} - \lambda_0$ – разность долгот среднего меридиана листа карты и осевого

меридиана зоны; $\varphi_{\text{ср}}$ - средняя широта листа карты. Величины $\lambda_{\text{ср}}$ и $\varphi_{\text{ср}}$ определяют по оцифровке углов градусной рамки листа карты. Долгота осевого меридиана зоны находится исходя из номера зоны (см. Тема 1).

Пример 17. Найти магнитный азимут направления заданной линии, если его дирекционный угол составляет $45^{\circ}00'$, магнитное склонение $\delta = +4^{\circ}20'$, а сближение меридианов $\gamma = -3^{\circ}15'$.

Вычисляем по формуле:

$$\begin{aligned} A_m &= \alpha - \{+\delta - (-\gamma)\} = 45^{\circ}00' - \{+4^{\circ}20' - (-3^{\circ}15')\} = \\ &= 45^{\circ}00' - \{+7^{\circ}35'\} = 37^{\circ}25'. \end{aligned}$$

На топографической карте с помощью геодезического транспортира измеряют истинный азимут и дирекционный угол направления. Для этого транспортир накладывают так, чтобы его центр (т.е. середина линейки, отмеченная штрихом) совпал с точкой пересечения заданной линии:

- 1) с истинным меридианом (восточной или западной сторонами рамки) при измерении истинного азимута;
- 2) с одной из вертикальных линий километровой сетки при измерении дирекционного угла.

По делению транспортира, совпадающего с заданной линией, по часовой стрелке отсчитывают угол. Градусная шкала, подписанная черными цифрами, предназначена для измерения углов, которые меньше 180° , шкала, подписанная красными цифрами, используется для измерения углов больше 180° .

Пример 18. По карте У-34-37-В измерить дирекционный угол линии, направление которой от скопления камней в квадрате (80-21) к пункту триангуляции на вершине горы Крутая с отметкой высоты 224,0 в квадрате (80-20).

На карте карандашом соединим по прямой скопление камней (точка А) и пункт триангуляции (точка В) и стрелкой укажем заданное направление из

т. А в точку В (обозначим АВ). Затем центр транспортира прикладываем к точке пересечения линии АВ и вертикальной линии километровой сетки так, чтобы дуга транспортира пересекла линию АВ (рис. 13). При этом основание транспортира должно совпадать с вертикальной линией километровой сетки. Угол отсчитывается по часовой стрелке от ее северного направления до линии АВ.

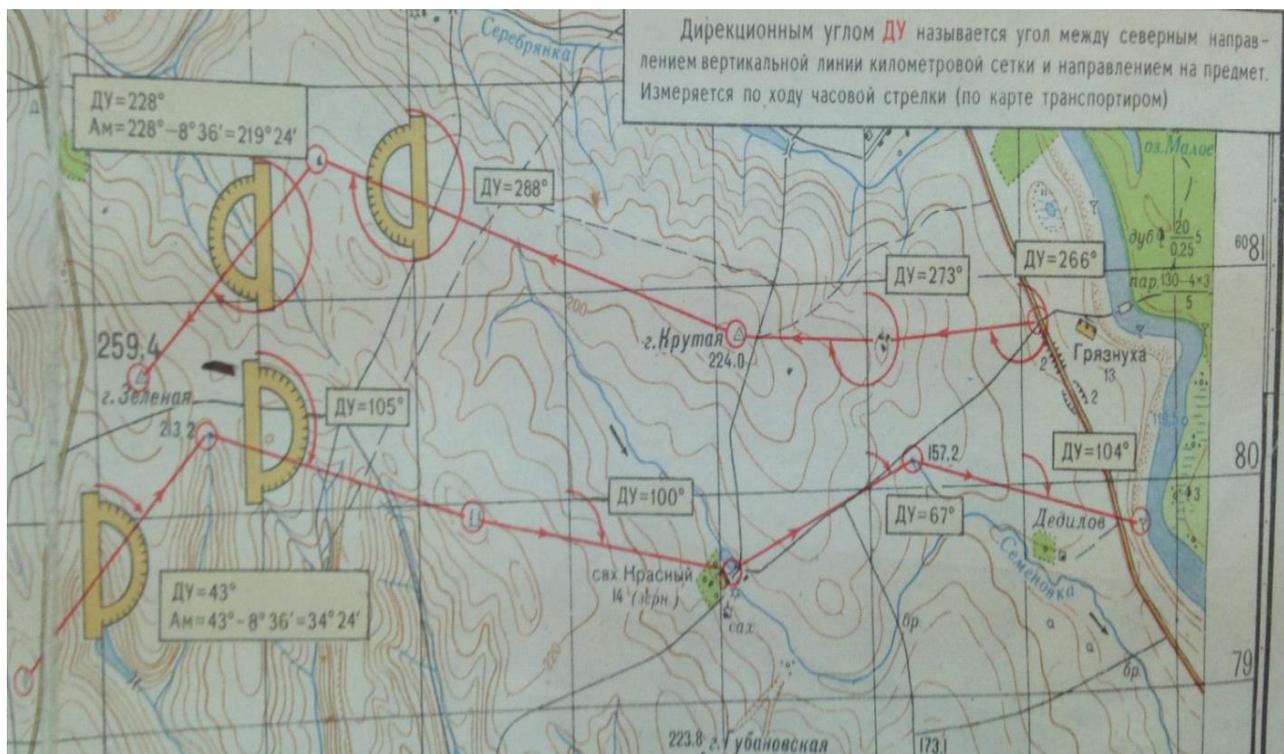


Рис. 13. Измерение дирекционного угла транспортиром

Этот угол больше 180° , поэтому берем отсчет по градусной шкале транспортира, подписанной красными цифрами, 273° . Таким образом, дирекционный угол направления АВ будет равен

$$\alpha = 273^\circ 00'.$$

Обратный дирекционный угол, т.е. дирекционный угол направления ВА (от пункта триангуляции к скоплению камней) будет равен

$$273^\circ + 180^\circ = 453^\circ = 453^\circ - 360^\circ = 93^\circ.$$

Часто для удобства дирекционные углы пересчитывают в румбы. **Румбом (r)** называют горизонтальный угол, отсчитываемый от вертикальной линии километровой сетки, до заданного направления АВ. Румб меняется от 0° до 90° . Чтобы однозначно определить направление заданной линии величине румба приписывают название, состоящее из двух букв сторон света: СВ (северо-восток), ЮВ (юго-восток), ЮЗ (юго-запад), СЗ (северо-запад). Соотношение между дирекционными углами и румбами показано в табл. 4.

Таблица 4.

Соотношения румбов и дирекционных углов

Обозначение румба	Значения дирекционных углов	Связь румбов с дирекционными углами
СВ	$0^\circ - 90^\circ$	$r_1 = \alpha_1$
ЮВ	$90^\circ - 180^\circ$	$r_2 = 180^\circ - \alpha_2$
ЮЗ	$180^\circ - 270^\circ$	$r_3 = \alpha_3 - 180^\circ$
СЗ	$270^\circ - 360^\circ$	$r_4 = 360^\circ - \alpha_4$

Пример 19. Определить дирекционный угол линии, если известно, что румб линии СЗ, а его величина $48^\circ 19'$.

Румб СЗ означает, что направление линии лежит между направлениями на север и на запад и составляет с вертикальной линией километровой сетки угол $48^\circ 19'$. В этом случае $270^\circ < \alpha < 360^\circ$, следовательно,

$$\alpha = 360^\circ - r = 360^\circ - 48^\circ 19' = 311^\circ 19'.$$

Пример 20. Определить значение сближения меридианов, если известны западная $\lambda_з = 18^\circ 03' 45''$ и восточная $\lambda_в = 18^\circ 07' 30''$ долготы, северная $\varphi_{с.ш} = 54^\circ 42' 30''$ и южная $\varphi_{ю.ш} = 54^\circ 40' 00''$ широты параллелей.

Находим

$$\lambda_{\text{ср}} = (\lambda_3 + \lambda_B) / 2 = (18^\circ 03' 45'' + 18^\circ 07' 30'') / 2 = 18^\circ 05' 38''.$$

Определяем номер зоны по восточной долготе: зону ограничивают меридианы, долготы которых кратны 6, поэтому данная местность расположена в зоне, ограниченной меридианами с долготами 18° и $18^\circ + 6^\circ = 24^\circ$. Номер зоны равен

$$N = 24^\circ / 6^\circ = 4,$$

долгота осевого меридиана зоны $N = 4$ равна

$$\lambda_0 = 6^\circ \cdot N - 3^\circ = (6^\circ \cdot 4) - 3^\circ = 21^\circ.$$

Далее находим значения

$$\begin{aligned} \varphi_{\text{ср}} &= (\varphi_{\text{с.ш}} + \varphi_{\text{ю.ш}}) / 2 = (54^\circ 42' 30'' + 54^\circ 40' 00'') / 2 = \\ &= 54^\circ 41' 15'', \end{aligned}$$

$$\Delta\lambda = 18^\circ 05' 38'' - 21^\circ 00' = -2^\circ 54' 22'',$$

$$\gamma = -2^\circ 54' 22'' \cdot \sin(54^\circ 41' 15'') = -2^\circ 22' 17''.$$

Как видим, сближение меридианов для данной местности отрицательное, следовательно, осевой меридиан отклоняется к западу от истинного меридиана.

Дирекционные углы можно вычислить, если известны горизонтальные углы между направлениями на местности и дирекционный угол хотя бы одной исходной стороны, например, стороны α_{1-2} (рис. 14). Для вычисления дирекционных углов сторон 1-2, 2-3, 3-4, 4-1 между точками 1, 2, 3, 4 необходимо измерить геодезическим транспортиром внутренние правые по ходу горизонтальные углы $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ (индексы обозначают номера точек – вершин горизонтальных углов). При этом сумма углов в замкнутом полигоне

должна быть равна:

$$\sum \beta_i = 180^\circ \cdot (n - 2) \pm 30',$$

где n – число углов в замкнутом полигоне.

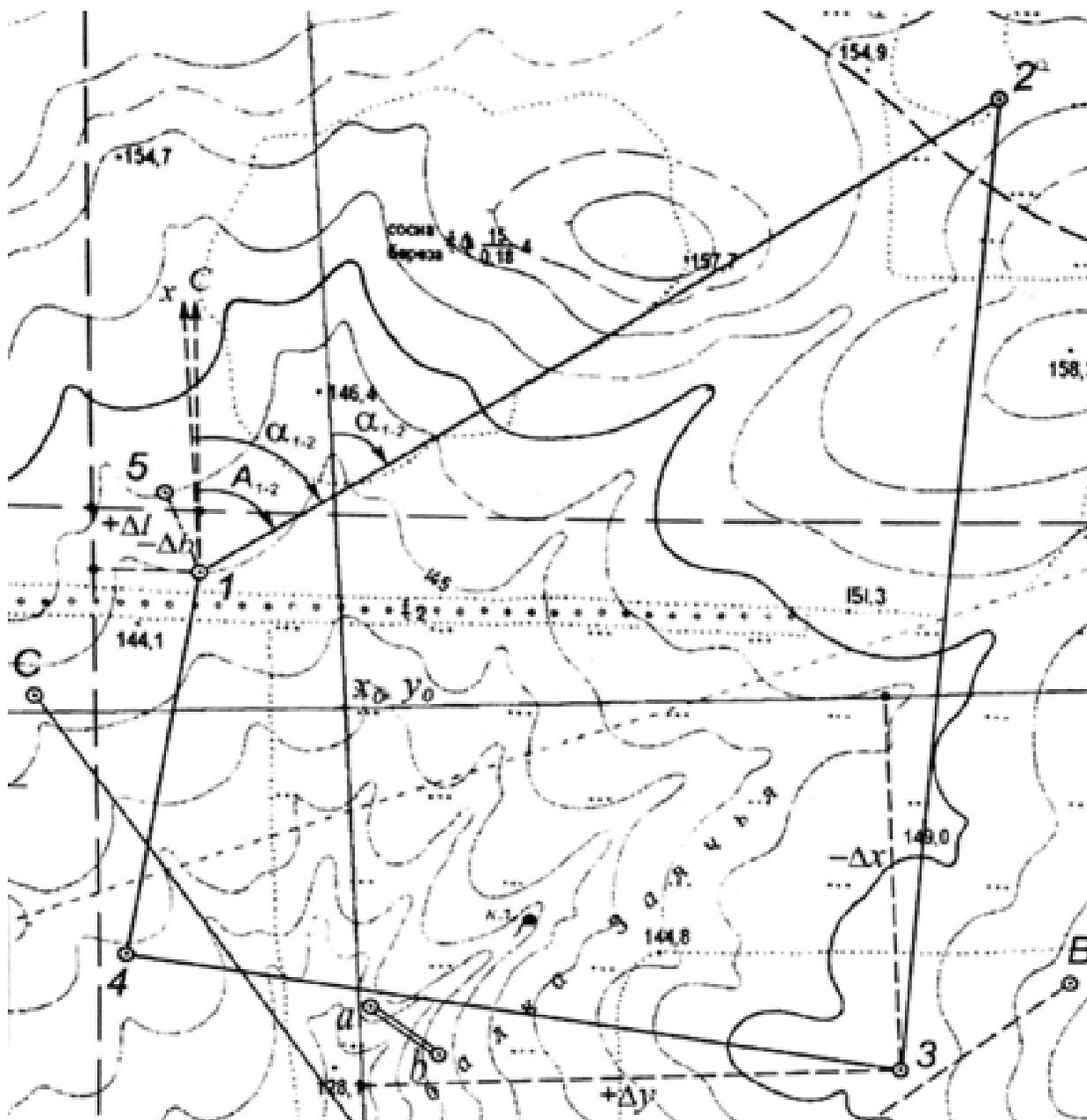


Рис. 14. Схема замкнутого полигона на карте

В качестве исходной примем сторону 1-2 и измерим значение ее дирекционного угла на карте транспортиром. Тогда вычисление дирекционных углов сторон выполняют по формуле:

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^\circ - \beta_n,$$

где α_{n-1} - дирекционный угол предыдущей стороны; α_n - дирекционный угол последующей стороны, β_n - правый по ходу горизонтальный угол при вершине n. Поэтому для каждой стороны можно записать:

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} + 180^\circ - \beta_2;$$

$$\alpha_{3-4} = \alpha_{2-3} + 180^\circ - \beta_3;$$

$$\alpha_{4-1} = \alpha_{3-4} + 180^\circ - \beta_4;$$

$$\text{контроль: } \alpha_{1-2} = \alpha_{4-1} + 180^\circ - \beta_1.$$

Пример 21. На карте измерены правые по ходу горизонтальные углы $\beta_1 = 61^\circ 25'$; $\beta_2 = 88^\circ 18'$; $\beta_3 = 92^\circ 14'$; $\beta_4 = 132^\circ 32'$; $\beta_5 = 165^\circ 31'$ и дирекционный угол исходной стороны $\alpha_{1-2} = 131^\circ 07'$. Вычислите дирекционные углы сторон 2-3, 3-4, 4-5, 5-1.

Если число углов $n = 5$, то сумма углов должна быть равна:

$$\sum \beta_i = 180^\circ \cdot (5 - 2) \pm 30' = 540^\circ \pm 30'.$$

Проверяем сумму измеренных углов в замкнутом полигоне:

$$\begin{aligned} & \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_5 = \\ & = 61^\circ 25' + 88^\circ 18' + 92^\circ 14' + 132^\circ 32' + 165^\circ 30' = \\ & = 538^\circ 120' = 540^\circ. \end{aligned}$$

Вычисляем дирекционные углы сторон:

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} + 180^\circ - \beta_2 = 131^\circ 07' + 180^\circ - 88^\circ 18' = 222^\circ 49',$$

$$\alpha_{3-4} = \alpha_{2-3} + 180^\circ - \beta_3 = 222^\circ 49' + 180^\circ - 92^\circ 14' = 310^\circ 35',$$

$$\alpha_{4-5} = \alpha_{3-4} + 180^\circ - \beta_4 = 310^\circ 35' + 180^\circ - 132^\circ 32' = 358^\circ 03',$$

$$\alpha_{5-1} = \alpha_{4-5} + 180^\circ - \beta_5 = 358^\circ 03' + 180^\circ - 165^\circ 31' = 12^\circ 32',$$

контроль: $\alpha_{1-2} = \alpha_{5-1} + 180^\circ - \beta_1 = 12^\circ 32' + 180^\circ - 61^\circ 25' =$
 $= 131^\circ 07'.$

Ориентировать карту – это значит расположить ее так, чтобы направления линий на карте были параллельны направлениям горизонтальных проекций соответствующих линий местности. При ориентировании карты с помощью компаса (буссоли) следует помнить, что ось магнитной стрелки прибора устанавливается в направлении магнитного меридиана. На карте имеются только направления истинных меридианов (западная и восточная внутренней рамки) и направления, параллельные осевому меридиану (вертикальные линии километровой сетки). При ориентировании карты с помощью компаса по истинному меридиану следует учитывать склонение магнитной стрелки δ , а по километровой сетке – склонение δ и сближение меридианов γ .

Тема 5. Приращения координат. Прямая и обратная геодезические задачи

Прямая геодезическая задача состоит в том, что по известным (исходным) координатам начального пункта А (точка 1), линии АВ, дирекционному углу α линии АВ и ее горизонтальному проложению S вычисляют координаты конечного пункта В (точка 2) (рис. 15).

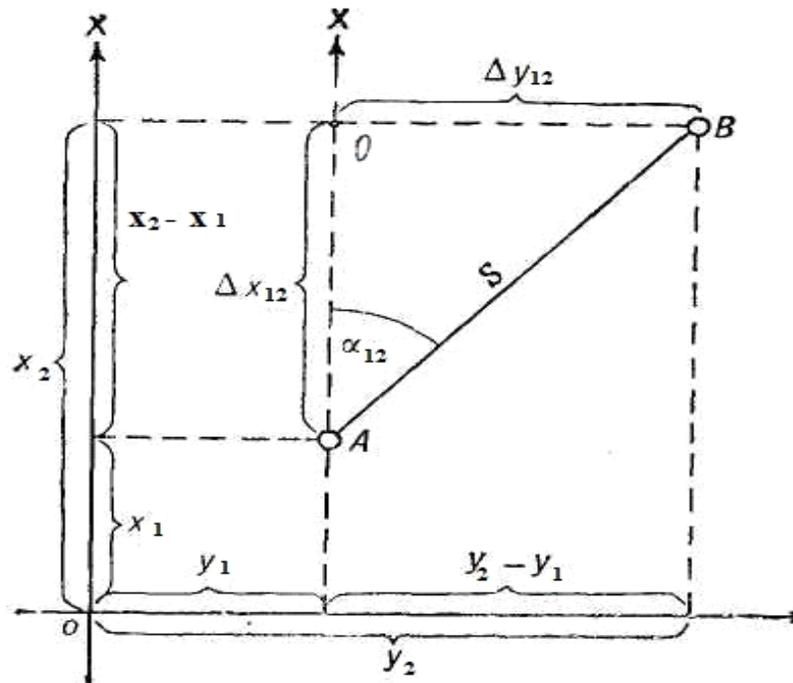


Рис. 15. Прямая и обратная геодезические задачи

Дано: А ($x_1; y_1$), α_{AB} , S_{AB} .

Найти: В ($x_2; y_2$)

Координаты пункта В определяются по формулам:

$$x_2 = x_1 + (x_2 - x_1) = x_1 + \Delta x;$$

$$y_2 = y_1 + (y_2 - y_1) = y_1 + \Delta y,$$

$$(x_2 - x_1) = \Delta X,$$

$$(y_2 - y_1) = \Delta y.$$

Приращениями координат Δx , Δy линии называют ортогональные проекции горизонтального проложения этой линии на оси координат. Приращения координат могут быть найдены из прямоугольного треугольника АОВ по дирекционному углу линии АВ и ее горизонтальному проложению (рис. 15) по формулам:

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

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

$$x_2 = x_1 + S \cdot \cos \alpha$$

$$y_2 = y_1 + S \cdot \sin \alpha.$$

Знаки приращения координат (плюс или минус) зависят от значения дирекционного угла α линии (табл. 5).

Таблица 5.

Знаки приращений координат Δx и Δy

Дирекционный угол линии, α°	Направление линии (название румба)	Приращения	
		Δx	Δy
$0^\circ - 90^\circ$	СВ	+	+
$10^\circ - 180^\circ$	ЮВ	-	+
$180^\circ - 270^\circ$	ЮЗ	-	-
$270^\circ - 360^\circ$	СЗ	+	-

Обратная геодезическая задача состоит в том, что по известным (исходным) координатам конечных пунктов А (точка 1) и В (точка 2) находят дирекционный угол линии АВ и ее горизонтальное проложение S .

Дано: А ($x_1; y_1$), В ($x_2; y_2$).

Найти: α_{AB} , S_{AB}

Из прямоугольного треугольника АОВ (рис. 15) находим

$$\operatorname{tg} \alpha = (y_2 - y_1) / (x_2 - x_1) = \Delta y / \Delta x.$$

При определении дирекционного угла особое внимание обращают на знаки приращений координат. Если требуется найти дирекционный угол линии АВ, т.е. направления с пункта А на пункт В, то, вычисляя разности, следует из координат конечной точки (x_2, y_2) вычесть координаты начальной точки (x_1, y_1) . Если требуется найти обратный дирекционный угол линии АВ, т.е. в направлении с пункта В на пункт А, то из координат начальной точки (x_1, y_1) вычитают координаты конечной точки (x_2, y_2) .

Горизонтальное проложение S определяют по формулам:

$$S\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$$

$$\cos \alpha = (x_2 - x_1) / S = \Delta x / S$$

$$\sin \alpha = (y_2 - y_1) / S = \Delta y / S.$$

Пример 22. По карте У - 34 - 37 - В (Снов) определены прямоугольные координаты отметки уреза воды 139,4 на оз. Черном (6065856 м; 4313550 м) и пункта триангуляции с отметкой высоты 201,6 м (6064852 м; 4309647 м). Найти дирекционный угол α направления с точки уреза воды на пункт триангуляции и горизонтальное проложение S этой линии.

Решаем обратную геодезическую задачу. Для упрощения сократим запись координат точек: $x_1 = 5\ 856$ м; $y_1 = 13\ 550$ м;

$$x_2 = 4\ 852$$
 м; $y_2 = 9647$ м.

Вычисляем горизонтальное проложение:

$$S\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} = \sqrt{(4852 - 5856)^2 + (9647 - 13550)^2} = 4030(\text{м})$$

$$S\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} = \sqrt{(4852 - 5856)^2 + (9647 - 13550)^2} = 4030(\text{м})$$

Определим дирекционный угол направления с точки уреза воды координаты (x_1, y_1) на пункт триангуляции координаты (x_2, y_2) :

$$\cos \alpha = (x_2 - x_1) / S = (4\ 852 - 5\ 856) / 4030 = -1004 / 4030 = -0,24913$$

$$\sin \alpha = (y_2 - y_1) / S = (9647 - 13550) / 4030 = -3903 / 4030 = -0,96849.$$

Так как румб меняется от 0° до 90° , то он будет равен

$$\arccos r = \arccos (0,24913) = 75,6^\circ$$

$$\arcsin r = \arcsin (0,96849) = 75,6^\circ.$$

В данном случае приращения координат и Δx и Δy имеют знак минус. Следовательно, румб линии ЮЗ (см. табл. 5), а дирекционный угол лежит в пределах

$$180^\circ < \alpha < 270^\circ.$$

Тогда значение дирекционного угла направления АВ равно:

$$\alpha = r + 180^\circ = 75,6^\circ + 180^\circ = 255,6^\circ.$$

Для контроля вычислим α и S по другим формулам:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha &= (y_2 - y_1) / (x_2 - x_1) = \Delta y / \Delta x = (9647 - 13550) / (4852 - 5856) = \\ &= -3903 / (-1004) = 3,89 \end{aligned}$$

$$\operatorname{arctg} \alpha = \operatorname{arctg} (3,89) = 75,6^\circ.$$

$$\alpha = r + 180^\circ = 75,6^\circ + 180^\circ = 255,6^\circ.$$

$$S = (x_2 - x_1) / \cos \alpha = \Delta x / \cos \alpha = -1004 / \cos 255,6^\circ = 4030 \text{ (м)};$$

$$S = (y_2 - y_1) / \sin \alpha = \Delta y / \sin \alpha = -3903 / \sin 255,6^\circ = 4030 \text{ (м)}.$$

Тема 6. Изображение рельефа на топографической карте способом горизонталей

Рельеф - это совокупность неровностей земной поверхности. К основным формам рельефа относятся: горы, хребты, холмы, курганы, котловины, лощины, седловины, овраги и др. Неровности земной поверхности характеризуют высотами точек.

Абсолютной высотой точки (или просто **высотой H**) называют отрезок отвесной линии (расстояние) от этой точки до уровенной поверхности, принятой за начало отсчета высот.

В нашей стране началом отсчета высот служит нуль Кронштадского футштока, на котором чертой отмечен средний уровень воды в Финском заливе Балтийского моря, поэтому система высот называется Балтийской. Принятая для топографической карты система высот подписывается под южной рамкой листа. Если высоту определяют относительно какой-либо уровенной поверхности, проходящей через произвольную точку, то ее называют **относительной высотой**. Разность высот двух точек называют **превышением h** между точками. Превышение между точками может быть как положительным, так и отрицательным.

Рельеф на карте можно представить с помощью надписей высот характерных точек. Наглядное представление о формах рельефа дает способ бергштрихов (гашюр), которые наносят параллельно скату по принципу: чем круче скат, тем толще штрих. Конец бергштриха всегда указывает сторону понижения ската. На географических картах применяют способ цветовой пластики, т.е. окрашивание различными цветами и оттенками в зависимости от высот точек, например, низменности - зеленым цветом, горы - коричневым и т. д.

Наиболее распространен на топографических картах способ изображения рельефа горизонталями (изогипсами). **Горизонталь** - это линия на земной поверхности (воображаемая), проходящая через точки с одинаковыми высотами. Горизонтالي получают путем сечения земной поверхности горизонтальными параллельными плоскостями (уровенными поверхностями), которые отстоят одна от другой на одинаковом расстоянии. Это расстояние называется **высотой сечения рельефа (h_c)**.

Свойства горизонталей:

- 1) горизонтали – это замкнутые кривые;
- 2) горизонтали не пересекаются;
- 3) высоты горизонталей всегда кратны высоте сечения h_c ;
- 4) чем меньше расстояние между горизонталями, тем больше перепад высот на местности.

Высоты горизонталей подписывают в разрыве горизонталей так, что основание цифр указывает на понижение высоты на местности. Высоты горизонталей всегда кратны высоте сечения рельефа. Например, при высоте сечения рельефа 2,5 м не может быть горизонтали с высотой 182 м, в этом случае горизонтали будут иметь высоты 180; 182,5; 185; 187,5; 190 м и т.д. На топографической карте высота сечения рельефа подписывается под южной рамкой листа (*сплошные горизонтали проведены через 2,5 м*) под линейным масштабом.

Пример 22. Определить высоту выделенной утолщенной горизонтали (рис.16) при высоте сечения $h_c = 2,5$ м.

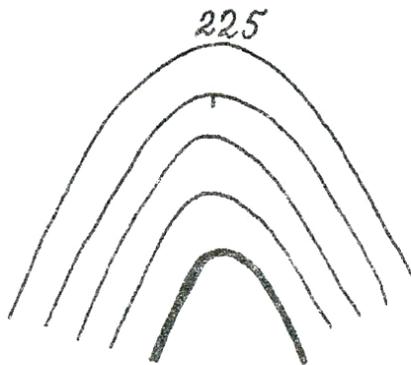


Рис. 16. Подпись высоты горизонтали

Высоту горизонтали определяют по ближайшей подписанной горизонтали. Это горизонталь с высотой 225 м. Между ней и выделенной горизонталью четыре промежутка, а основание подписи и направление бергштриха указывают на понижение высоты местности. Поэтому высота искомой горизонтали будет равна:

$$225 \text{ м} - (2,5 \text{ м} \cdot 4) = 215 \text{ м}.$$

Пример 23. Определить высоту горизонтали, оконтуривающей отметку 151,6 м на карте масштаба 1:50000 (рис. 17).

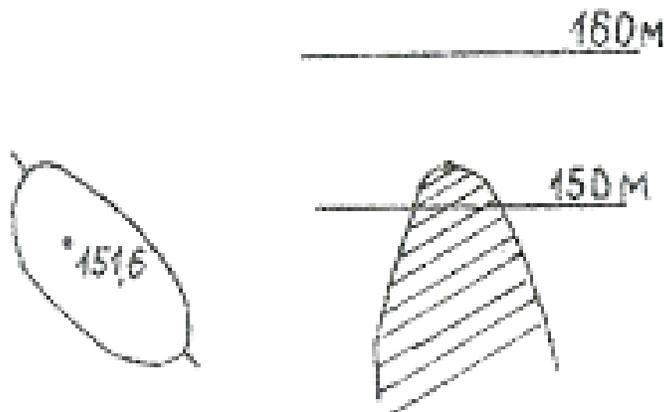


Рис. 17. Определение высот горизонталей

По бергштриху, направленному наружу, видно, что эта горизонталь имеет высоту меньше, чем 151,6 м. Высота сечения рельефа для масштаба 1:50000 составляет $h_c = 10$ м. Следовательно, отметка данной горизонтали равна 150 м, так как это значение ближайшее и меньшее число к значению 151,6 и кратное высоте сечения 10 м.

Пример 24. По карте У-34-37-В-в-4 определить высоту местоположения водонапорной башни (66-14).

Для определения высоты точки, расположенной между двумя горизонталями, необходимо найти высоту H ближайшей к ней низкой горизонтали и прибавить к этой величине превышение h данной точки над горизонталью. Превышение точки над горизонталью равно отношению расстояния от ближайшей низкой горизонтали до точки (АС) к расстоянию между двумя соседними горизонталями (АВ), умноженному на высоту сечения. Объект расположен между двумя горизонталями, высоты которых 150 м и 152,5 м, так как высота сечения $h_c = 2,5$ м. Измеряем линейкой расстояние между горизонталью с высотой 150 м и объектом: АС = 2,5 мм, а измеренное расстояние между горизонталями с высотами 150 м и 152,5 м получилось АВ = 6,5 мм. Тогда высота местоположения объекта будет равна:

$$H + h = 150 \text{ м} + (AC/AB) \cdot h_c =$$

$$= 150 \text{ м} + (2,5 \text{ мм} / 6,5 \text{ мм}) \cdot 2,5 \text{ м} = 150 \text{ м} + 0,38 \cdot 2,5 \text{ м} = 150,96 \text{ м}.$$

По топографической карте можно определить уклон линии на местности. **Уклон i** линии - это отношение превышения h между двумя точками к горизонтальному проложению S , выраженное в тысячных долях или в процентах:

$$i = (h / S) \cdot 100\%.$$

Уклон линии может быть как положительным, так и отрицательным в зависимости от знака превышения h . Уклон линии между точками, лежащими на соседних горизонталях, равен отношению высоты сечения рельефа к расстоянию между этими горизонталями (заложение), измеренному по карте.

Уклон линии характеризует крутизну ската, которая характеризуется вертикальным углом v и измеряется в градусах:

$$\text{tg } v = h / d$$

$$v^0 = \text{arctg } (h / d)$$

Без дополнительных вычислений крутизну ската можно найти с помощью **графика заложений** (рис. 18а), который помещают под южной рамкой крупномасштабной карты. Расстояние ab – это заложение между двумя соседними горизонталями. По горизонтальной оси отложено значение крутизны ската (v) в градусах.

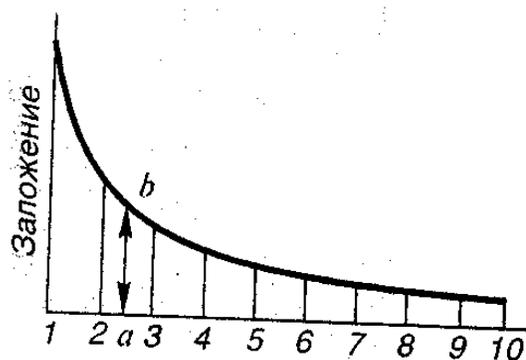


Рис. 18а. График заложений

Пример 25. По карте У-34- 37-В-в-4 между горизонталями с высотами 200 м и 202,5 м найти крутизну ската южного склона горы Михалинская (68-12). Измерителем берем расстояние между этими горизонталями. На графике заложений устанавливаем измеритель перпендикулярно горизонтальной оси графика и, скользя по ней иглой, передвигаем измеритель до тех пор, пока вторая его игла не встретит плавную кривую (рис. 18б). Определяем крутизну ската по шкале горизонтальной оси - это 5° . Отметим, что южнее горизонтали с высотой 200 м, расстояние между горизонталями уменьшается, а крутизна ската увеличивается до 8° .

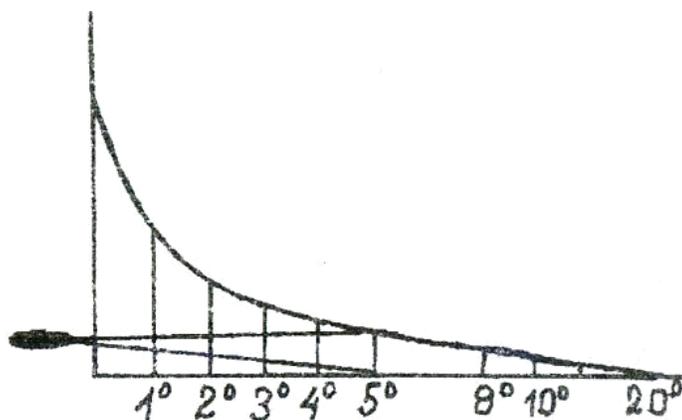


Рис. 18б. Измерения по графику заложений

Следовательно, чем меньше расстояние между горизонталями, тем больше уклон и, наоборот, чем больше расстояние между горизонталями, тем более пологий спуск или подъем.

Пример 26. На карте масштаба 1:10 000 с высотой сечения 2,5 м между точками А и В требуется запроектировать трассу заданного уклона $i_{пр} = 0,025$, т.е. на любом участке трассы должно соблюдаться условие $i < i_{пр}$.

Проектирование выполняют в следующем порядке.

1) рассчитывают заложение, соответствующее заданному проектному уклону:

$$d = h_c / i_{пр} = 2,5 \text{ (м)} / 0,025 = 100 \text{ (м)};$$

2) выражают заложение в масштабе карты:

$$d' = d \text{ (м)} \cdot 100 / M = 100 \text{ (м)} \cdot 100 / 10\,000 = 1,0 \text{ см};$$

3) линию заданного уклона проводят с помощью измерителя, раствор которого устанавливают равным заложению $d' = 1,0$ см и из точки А засекают соседнюю горизонталь и получают точку 1 (рис. 19); далее из точки 1 тем же раствором измерителя засекают следующую горизонталь и получают точку 2 и т.д. Соединив полученные точки, проводят трассу с заданным уклоном.

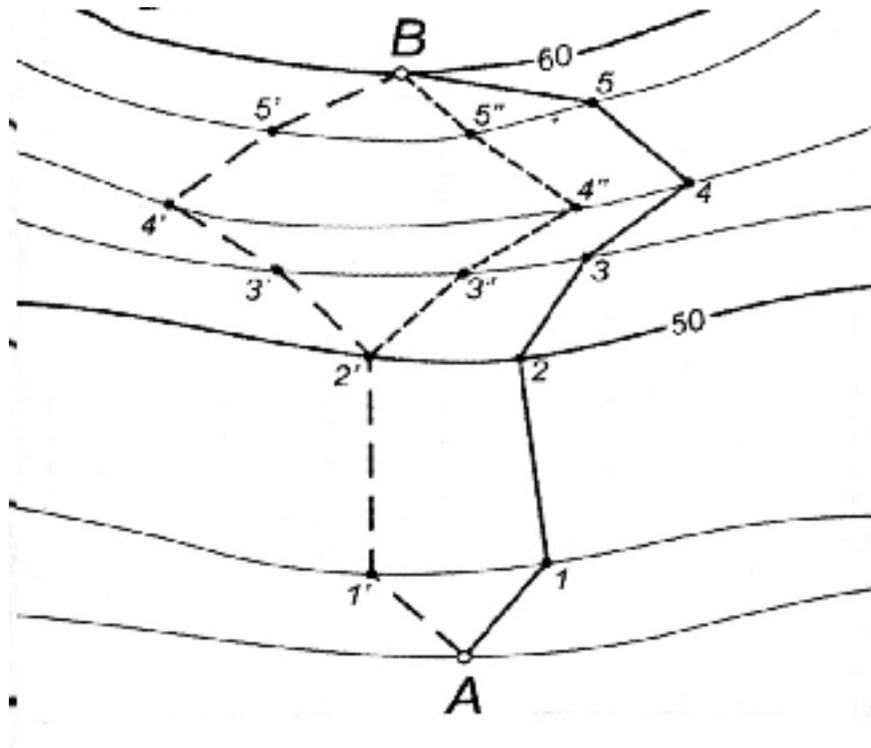


Рис. 19. Проектирование трассы с заданным уклоном

Решение этой задачи позволяет наметить несколько вариантов трассы, из которых выбирается наиболее приемлемый по технико-экономическим соображениям.

Для решения многих инженерно-технических задач необходимо строить профиль заданной (профильной) линии. **Профиль** - это сечение линии вертикальной плоскостью.

Пример 27. Построить профиль линии между отметками высоты 149,7 м (точка А) и 152,7 м (точка В).

Для построения профиля между двумя пунктами на карте (рис. 20) к заданному направлению прикладывают чистую полоску бумаги, отмечают на ней все точки пересечения горизонталями профильной линии, а также все имеющиеся на ней характерные точки рельефа (вершины, подписи высоты, ямы и др.) и подписывают их высоты с карты. Затем на миллиметровой бумаге проводят горизонтальную ось, на которую с бумажной полоски переносят все отмеченные точки в той же последовательности от точки А до точки В. Во всех этих точках восстанавливают перпендикуляры, на которых откладывают высоты отмеченных точек.

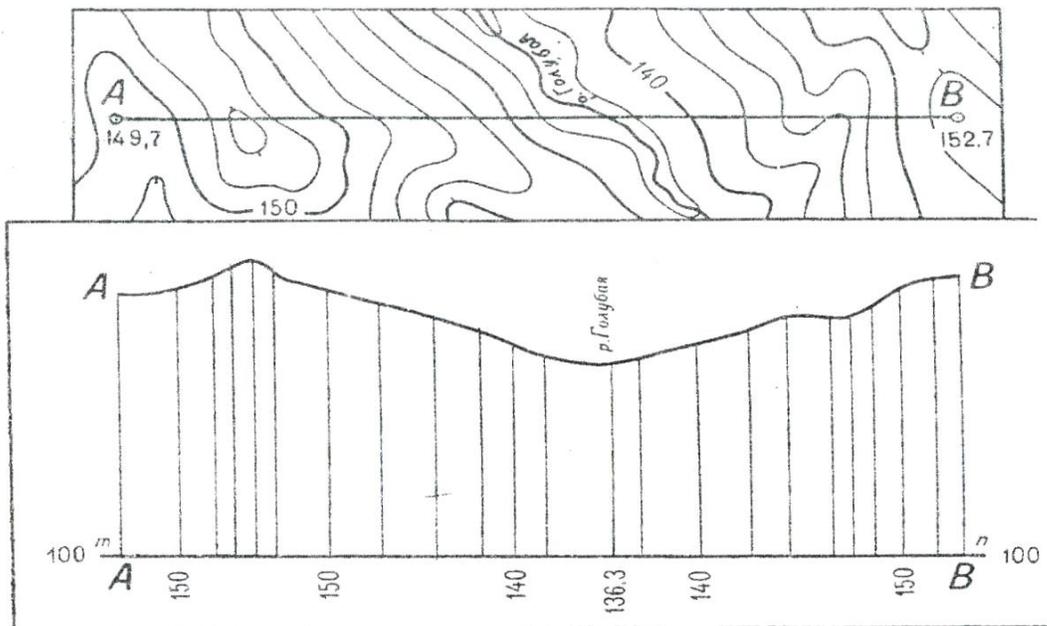


Рис. 20. Определение профиля заданной линии

Точки последовательно соединяют прямыми линиями. Чтобы профиль линии получился более наглядным, масштаб по вертикальной оси можно увеличить.

Водосборной площадью или бассейном называется участок земной поверхности, с которого вода по условиям рельефа должна стекать в данный водоток (реку, лощину, тальвег). Оконтуривание водосборной площади выполняют с учетом рельефа местности по горизонталям карты (плана). Граница водосборной площади проходит по водоразделу (хребту).

Пример 28. На карте указан участок местности с ярко выраженной лощиной и створ проектируемой дамбы *а-б*. Определите границы водосборной площади (рис. 21).

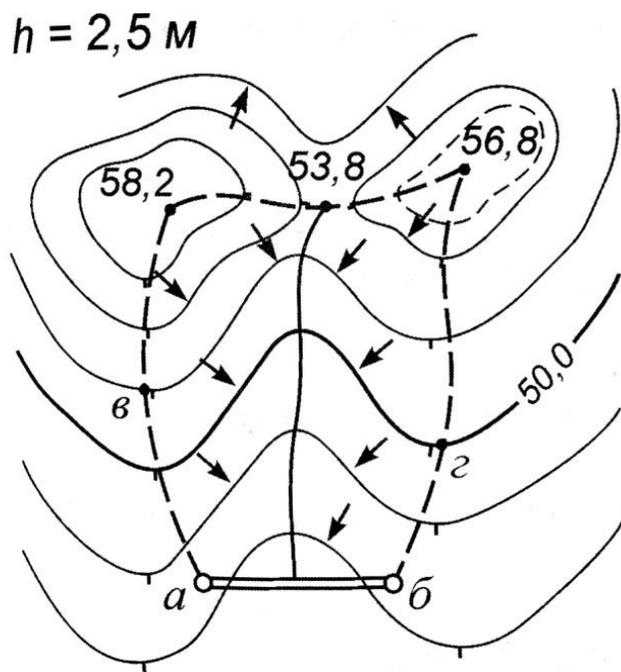


Рис. 21. Определение границы водосборной площади

В соответствии со свойствами отображения местности горизонталями граница водосбора проходит в обе стороны от крайних точек дамбы *а* и *б* перпендикулярно к горизонталям (по линиям наибольшего ската) до линий водоразделов (точки *в* и *г*) и далее по этим линиям до вершин холмов. Между вершинами холмов эта граница проходит по водораздельным линиям, соединяющим вершины с отметками 58,2 м и 56,8 м с серединой седловины (отметка 53,8 м). По самым низким точкам лощины синим цветом наносят линию водослива (водотока).

Тема 7. Вычисление площадей участков на топографической карте

В результате вычисления площадей участка по карте составляется экспликация угодий (перечень хозяйств с указанием их площадей) и решается целый ряд других производственно-хозяйственных задач. Площади могут быть вычислены различными методами и способами.

Графический метод. Участок на карте разбивают на геометрические фигуры (треугольники, квадраты, трапеции и др.) и используют формулы вычисления площади геометрических фигур. Площади P вычисляют по результатам измерений линий по карте. К графическому методу относятся способ треугольников, способ квадратной палетки, способ параллельной палетки.

Способ треугольников. Участок на карте разбивают на треугольники (рис. 22). Вычисляется двойная площадь каждого треугольника по формуле:

$$2 \cdot P_i = (a_i \cdot c_i),$$

где a_i - основание, c_i - высота треугольников.

Определение длины основания и высоты треугольников на карте выполняется с помощью масштабной линейки. Общая площадь участка вычисляется по формуле:

$$P = \sum P_i / 2,$$

где $\sum P_i$ - это сумма площадей всех треугольников; $i = 1, 2, \dots, n$; n - число треугольников. Результаты вычисления площади участка оформляют в виде таблицы (табл. 6).

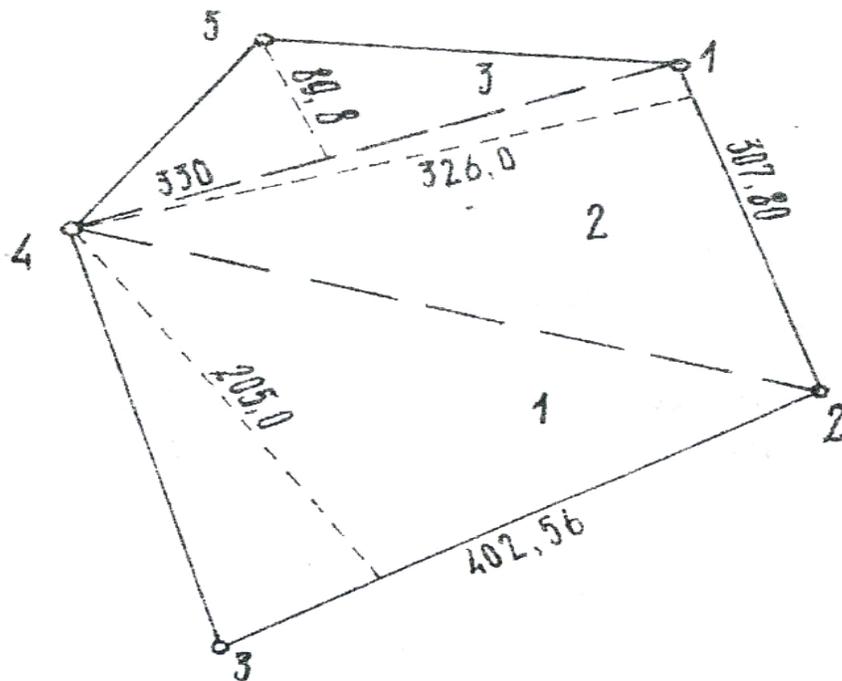


Рис. 22. Определение площади участка способом треугольников

Таблица 6.

Определение площади участка способом треугольников

Номер треуг-ка	Основание a_i (м)	Высота c_i (м)	$2 \cdot P_i$ (m^2)	Примечание
1	402,56	205,00	82524,8	Масштаб 1:2000
2	307,80	326,00	100343	
3	330,00	89,80	29634	
$2\sum P_i = 212501,8 \text{ м}^2$				
$P = 212501,8 / 2 = 106250,9 \text{ кв. м} = 10,62 \text{ га.}$				

Для того чтобы повысить точность вычислений и избежать грубых ошибок, площадь участка вычисляют повторно, меняя в треугольнике 1, 2 и 3 основание и высоту, или при другом варианте разбивки на треугольники.

Аналитический метод. Площади вычисляют по результатам измерений на местности или на карте с применением формул геометрии, тригонометрии и аналитической геометрии. Этот метод является наиболее точным. Этот способ применяется для вычисления площади многоугольника с большим количеством вершин. Площадь участка вычисляется по формулам:

$$2 \cdot P = x_1 \cdot (y_2 - y_n) + x_2 \cdot (y_3 - y_1) + \dots + x_k \cdot (y_{(k+1)} - y_{(k-1)}),$$

$$2 \cdot P = y_1 \cdot (x_n - x_2) + y_2 \cdot (x_1 - x_3) + \dots + y_k \cdot (x_{(k-1)} - x_{(k+1)}).$$

Сокращенно эти формулы можно записать так:

$$2 \cdot P = \sum x_k \cdot (y_{(k+1)} - y_{(k-1)}),$$

$$2 \cdot P = \sum y_k \cdot (x_{(k-1)} - x_{(k+1)}),$$

где x_i y_i – прямоугольные координаты поворотных точек участка, k - номер вершины, n - число вершин полигона.

Пример 29. Вычислим площадь участка по координатам его вершин (рис. 22). Результаты вычислений оформим в виде таблицы (табл. 7).

$$\begin{aligned} 2 \cdot P &= x_1 \cdot (y_2 - y_5) + x_2 \cdot (y_3 - y_1) + x_3 \cdot (y_4 - y_2) + \\ &+ x_4 \cdot (y_5 - y_3) + x_5 \cdot (y_1 - y_4) = \\ &= 0,0 \cdot (272,4 - 154,1) + 143,3 \cdot (29,6 - 0) + 464,3 \cdot (111,2 - 272,4) + \\ &+ 310,2 \cdot (154,1 - 29,6) + 163,6 \cdot (0 - 111,2) = 212676,0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2 \cdot P &= y_1 \cdot (x_5 - x_2) + y_2 \cdot (x_3 - x_1) + y_3 \cdot (x_4 - x_2) + \\ &+ y_4 \cdot (x_5 - x_3) + y_5 \cdot (x_1 - x_4) = \\ &= 272,4 \cdot (-463,3 - 0) + 29,6 \cdot (-310,2 - 143,3) + \\ &+ 112,2 \cdot (-163,6 + 464,3) + 154,1 \cdot (0 + 310,2) = 212676,0 \end{aligned}$$

Таблица 7.

Определение площади участка по координатам вершин полигона

Но- мер верш.	координаты		разность		произведение	
	x	y	$y_{(k+1)} - y_{(k-1)}$	$x_{(k-1)} - x_{(k+1)}$	$x_k \times (y_{(k+1)} - y_{(k-1)})$	$y_k \times (x_{(k-1)} - x_{(k+1)})$
1	0,0	0,0	+426,5	-20,3	0,00	0,00
2	143,3	+272,4	+29,6	+464,4	-4244,8	+126484,3
3	-464,3	+29,6	-383,6	+166,9	+178129,3	+4945,2
4	-310,2	+111,2	-183,7	-300,8	+53881,0	+33453,9
5	-163,6	+154,1	+111,2	-310,2	-18191,1	+47792,5
		$\Sigma(+)$	$= + 567,3$	$+ 631,2$	$+ 235111,9$	$+ 212676,0$
		$\Sigma(-)$	$= - 567,3$	$- 631,2$	$- 22435,9$	$00,00$
		Σ	$= 0,0$	$0,0$	$212676,0$	$= 212676,0$
$P = 212676,0 / 2 = 106388,0 \text{ м}^2 = 10,64 \text{ га} = 0,106 \text{ км}^2$						

При определении площади данным способом процесс вычисления последовательно контролируется по разностям координат, а затем по их произведениям.

Тема 8. Географическое описание участков местности по топографической карте

При географических, геологических, почвенных и других исследованиях природы часто возникает необходимость в подробных описаниях местности.

Общая характеристика местности. В общей характеристике местности указывается: номенклатура топографической карты и географические координаты углов рамки трапеции; географическое положение участка, географические и прямоугольные координаты угловых точек его границ, тип местности по характеру рельефа (равнинная, холмистая, горная), важные географические объекты, существенно влияющие на общий характер местности.

Рельеф местности. Рельеф местности описывается после основательного изучения его по карте в следующем порядке.

- Общий характер рельефа территории, максимальные и минимальные абсолютные отметки высот.
- Определяют местоположение возвышенностей, их высоту, размеры и форму, крутизну склонов.
- Описывают нарушения рельефа: овраги, промоины, обрывы, их густота, протяженность, глубина.
- Главные водоразделы наносят простым карандашом на карту в виде линий с указанием их направлений. Определяют главные водотоки и их направления, отметки высот характерных точек истоков, слияний, резких поворотов русла.
- Отмечают антропогенные формы рельефа - открытые разработки полезных ископаемых, карьеры, насыпи, курганы, ямы и т. д.

Гидрографическая сеть описывается в порядке важности составляющих ее объектов: морские берега, озера, реки и их притоки. Описание реки складывается из следующих сведений:

- Русло реки, его ширина, глубина, уклон.
- Берега русла, их крутизна, наличие обрывов и пляжей.
- Грунт дна и берегов реки, наличие поймы, старых русел, пойменных озер и болот.
- Скорость течения реки, судоходство, речные порты, пристани, сроки

навигации.

- Наличие и характер мостов, паромов, бродов, места постоянных зимних переправ, ледовых зимних дорог.

Растительный покров. О лесах в описании помещаются следующие сведения.

- Местоположение и площади лесных массивов. Состав леса по породам деревьев. Высота и толщина деревьев, среднее расстояние между ними.

- Просеки и вырубки, их ширина, проходимость леса в разных направлениях.

- Характерные ориентиры и условия ориентирования в лесу.

- Кустарники описываются отдельно, если они образуют крупные массивы.

Болота отдельно описываются в тех случаях, когда они образуют труднопроходимые препятствия и занимают достаточно большую площадь. При этом отмечают местоположение и площадь болота, растительность, его глубину, характер грунта дна, проходимость в разных направлениях.

Населенные пункты. При общих географических описаниях местности вполне достаточно тех сведений о населенных пунктах, которые отражены на топографических картах.

- Тип поселения (город, поселок городского типа, поселки сельского типа, поселки дачного типа), административное значение, населенность (для городских поселений), число домов (для сельских поселений).

- Характер планировки поселения, преобладающая застройка (огнестойкая или не огнестойкая), наличие промышленных и социально-культурных объектов.

- Железные и шоссейные дороги, проходящие через поселение, наличие в нем вокзалов, автостанций.

Транспортное сообщение. Описание железных и автомобильных дорог имеет очень важное значение и достаточно полно отражено на карте. Необходимо дать следующие сведения.

- Название железной дороги или ближайших крупных городов, которые она связывает, количество путей, степень электрификации.

- Станции и вокзалы на данном участке, другие сооружения на железной дороге - насыпи, выемки, мосты, трубы, тоннели и их

характеристики.

- Тип дороги по картографической классификации, название, дорожное покрытие, ширина проезжей части и ширина с обочинами.
- Дорожные сооружения на дороге - насыпи, выемки, трубы, мосты, переправы, броды и т. д. Возможность объезда этих и других препятствий.

Задания для самостоятельной работы

Задания к теме 1

- 1) Определить долготу осевого меридиана зон 37-й; 119-й.
- 2) Определить в каких зонах осевые меридианы имеют долготу: 18° в.д.; 182° в.д.; 304° з.д.
- 3) Определите долготы восточного, осевого, западного меридианов и номер зоны, в которую попадает местность с координатами $\varphi = 20^\circ 25'$; $\lambda = 202^\circ 15'$.
- 4) Определите долготы восточного, осевого, западного меридианов и номер зоны, в которую попадает местность с координатами $\varphi = 20^\circ 25'$; $\lambda = 22^\circ 15'$.
- 5) Для масштаба 1:10 000 определите номенклатуру листа карты и координаты углов трапеции для местности с координатами $\varphi_{с.ш} = 345^\circ 08'$; $\lambda = 67^\circ 56'$.
- 6) Для листа карты с номенклатурой P-11-115-B-г определите координаты углов трапеции.

Задания к теме 2

- 1) По учебной карте 1:25 000 определить расстояние АВ, ВС, СА между точками заданными точками с помощью поперечного масштаба.

А	В	С
Квадрат (66-08)	Квадрат (64-09)	Квадрат (64-11)
отметка 186.1	отметка 201.6	отметка 159.7

- 2) Для масштабов 1:1 000, 1:10 000 отложить в раствор измерителя с помощью масштабной линейки расстояние, равное 1227 м.
- 3) Для масштабов 1:5 000, 1:50 000 отложить в раствор измерителя с помощью масштабной линейки расстояние, равное 3456 м.
- 4) Для масштаба 1:25 000 отложить в раствор измерителя с помощью масштабной линейки расстояние, равное 4308 м.
- 5) При измерении линии по карте масштаба 1:50 000 раствор измерителя получился равный 6 основания, 7 десятых и 8 сотых. Определить

длину линии на местности.

б) При измерении линии по карте масштаба 1:1 000 раствор измерителя получился равный 8 основания, 0 десятых и 6 сотых. Определить длину линии на местности.

7) Вычислите для масштаба 1:5 000 предельную точность масштаба.

Задания к теме 3

1) По учебной карте масштаба 1:25 000 определите географические координаты точек А, В, С.

А		В		С	
Квадрат (65-07)		Квадрат (68-08)		Квадрат (66-10)	
отметка 214.3		отметка 135.5		отметка 171.8	
λ		λ		λ	
φ					

2) По учебной карте масштаба 1:25 000 определите прямоугольные координаты точек А, В, С.

А		В		С	
Квадрат (65-07)		Квадрат (68-08)		Квадрат (66-10)	
отметка 214.3		отметка 135.5		отметка 171.8	
x		x		x	
y		y		y	

3) На учебной карте 1:25 000 найти объект по указанным координатам x , y и опишите его.

Координаты		Описание точки
x	6068620	
y	4314370	

4) Объект имеет прямоугольные координаты (4512710, 10566150). Определите расстояние объекта от экватора, от осевого меридиана и номер зоны.

5) Объект имеет прямоугольные координаты (1040333, 44432880). Определите номер зоны, в которую попадает объект, и долготу его осевого меридиана.

6) Объект имеет прямоугольные координаты (2667234, 2208457). Определите положение объекта к востоку или к западу относительно осевого меридиана зоны.

Задания к теме 4

1) Истинный меридиан заданного направления составляет $235^{\circ}47'$, восточное склонение магнитной стрелки равно $3^{\circ}34'$. Найдите магнитный азимут заданного направления.

2) Истинный меридиан заданного направления составляет $310^{\circ}08'$, западное склонение магнитной стрелки равно $8^{\circ}12'$. Найдите магнитный азимут заданного направления.

3) Найти магнитный и истинный азимуты линии, если его дирекционный угол составляет $126^{\circ}11'$, магнитное склонение $\delta = +5^{\circ}12'$, а сближение меридианов $\gamma = -8^{\circ}56'$.

4) Дирекционный угол направления АВ равен $\alpha = 345,4^{\circ}$. Найдите обратный дирекционный угол направления ВА.

5) На учебной карте масштаба 1:25 000 измерьте дирекционные углы и истинные азимуты направлений АВ, ВС, СА между точками А, В, С и вычислите их магнитные азимуты.

А	В	С
Квадрат (65-07)	Квадрат (68-08)	Квадрат (66-10)
отметка 214.3	отметка 135.5	отметка 171.8

6) Определить значение сближения меридианов, если известны западная $\lambda_з = 19^{\circ}43'$ и восточная $\lambda_в = 65^{\circ}27'$ долготы зоны, северная $\varphi_с = 34^{\circ}44'$ и южная $\varphi_с = 74^{\circ}58'$ широты параллелей.

7) Определить дирекционный угол линии, если известно, что румб линии ЮЗ, а его величина $10^{\circ}06'$.

8) Определить румб линии, если ее дирекционный угол равен $210^{\circ}36'$.

9) На карте измерены правые по ходу горизонтальные углы $\beta_1 = 109^{\circ}42'$; $\beta_2 = 113^{\circ}05'$; $\beta_3 = 70^{\circ}01'$; $\beta_4 = 67^{\circ}12'$ и дирекционный угол исходной стороны $\alpha_{1-2} = 204^{\circ}11'$. Вычислите дирекционные углы сторон 2 - 3, 3 - 4, 4 - 1 и выполните контроль вычислений.

10) На карте измерены левые по ходу горизонтальные углы (внешние углы замкнутого полигона) $\beta_1 = 301^{\circ}20'$; $\beta_2 = 298^{\circ}58'$; $\beta_3 = 299^{\circ}42'$ и дирекционный угол исходной стороны $\alpha_{1-2} = 342^{\circ}47'$. Вычислите дирекционные углы сторон 2-3, 3-1 и выполните контроль вычислений.

Задания к теме 5

1) Определены прямоугольные координаты объектов 1 (3456658 м; 3455709 м) и 2 (50606993 м; 50545407 м). Найти дирекционный угол направления 1-2 и горизонтальное проложение линии 1-2.

2) Известны прямоугольные координаты опорного пункта А (456223 м; 67834 м), горизонтальное проложение линии АВ, равное 1567 м, и дирекционный угол направления АВ. Определите прямоугольные координаты пункта В.

3) Приращения прямоугольных координат между двумя пунктами С и В равны $x = 345,67$ м, $y = 756,43$ м. Найдите дирекционный угол направления СВ.

4) Румб направления АВ равен ЮВ: $64^{\circ}55'$. Определите знаки приращений прямоугольных координат (x, y) между двумя пунктами А и В. В каких интервалах лежит значение дирекционного угла направления АВ?

5) В таблице представлены измерения, выполненные в замкнутом полигона с вершинами в точках А, В, С, D. Известны горизонтальные углы β между направлениями (графа 2 - угол измеренный), горизонтальные проложения сторон ВС, CD, AD (графа 4 – длина). Определите дирекционные углы направлений АВ, ВС, CD, DA (графа 3 – угол дирекционный), заполните пустые клетки таблицы (используйте формулы, приведенные в Темах 4-5).

Точка	Угол изм.	Угол дир.	Длина, м	x, м	y, м
1	2	3	4	5	6
A	48°			1100	1095
B	139°			984	1050
C	44°		125		
D	129°		138		
A	48°		121		

Задания к теме 6

1) На учебной карте масштаба 1:25 000 в квадрате (67-06) определите горизонталь с наибольшей высотой и горизонталь с наименьшей высотой.

2) На учебной карте масштаба 1:25 000 в квадрате (65-09) определите высоту местоположения точки пересечения грунтовых дорог у д. Федоровка.

3) На учебной карте масштаба 1:25 000 в квадрате (64-08) определите крутизну ската между двумя соседними сплошными горизонталями по направлению грунтовой дороги.

4) Уклон линии равен 4%. Определите превышение между точками начала и конца линии, если ее горизонтальное проложение 2304 м.

5) Определите крутизну ската по линии, горизонтальное проложение которой равно 1987 м, а превышение между точками начала и конца линии равно 10,7 м.

6) На карте сплошные горизонтالي проведены через 5 м. Выберите из списка горизонтали, которые могут быть отображены на данной карты: 170 м, 174 м, 175 м, 175,5 м, 177,5 м, 178 м, 180 м.

7) Определите высоту горизонтали, оконтуривающей вершину горы с отметкой 202,2 м, если высота сечения карты $h_c = 2$ м.

8) Определите высоту горизонтали, оконтуривающей самую низкую точку котловины с отметкой 68,9 м, если высота сечения карты $h_c = 2,5$ м.

Задания к теме 7

1) Для четырех вершин замкнутого полигона измерены их прямоугольные координаты и записаны в таблицу. Вычислите площадь полигона аналитическим методом по двум формулам.

вершины	x, м	y, м
1	1071	1069
2	1000	1095
3	940	998
4	1020	935

2) Для четырех вершин замкнутого полигона измерены их прямоугольные координаты и записаны в таблицу. Вычислите площадь полигона аналитическим методом по двум формулам.

вершины	x, м	y, м
1	1000	1000
2	1113	959
3	1168	1024
4	1097	1059

Задания к теме 8

1) По учебной карте масштаба 1:10000 опишите рельеф местности в квадрате (67 – 08).

2) По учебной карте масштаба 1:10000 опишите гидрографию местности в квадрате (66 – 13).

3) По учебной карте масштаба 1:10000 опишите растительность местности в квадрате (72 – 11).

4) По учебной карте масштаба 1:10000 опишите транспортную сеть и местности в квадрате (65 – 14).

5) По учебной карте масштаба 1:10000 опишите промышленно-социальную структуру местности в квадрате (67 – 09).

Список литературы

1. Поклад Г.Г. Геодезия: учебное пособие для вузов. М.: Акад. Проект, 2007. – 589 с.
2. Поклад Г.Г. Практикум по геодезии: учебное пособие для вузов. М.: Акад. Проект, 2011. – 470 с.
3. Инженерная геодезия: учебник для студентов высших учебных заведений // Ключин Е.Б., Киселев М.И., Михелев Д.Ш., Фельдман В.Д. Под ред. проф. Д.Ш. Михелева. – 9-е изд. М.: Академия, 2008. – 478 с.
4. Курошев Г.Д., Смирнов Л.Е. Геодезия и топография: учебник для студентов высших учебных заведений. – 3-е изд. М.: Академия, 2009. – 173 с.
5. Комаров Р.В., Минсафин Г.З. Геодезия с основами космоаэро съемки: учебно-методическое пособие. Казань: Геологический факультет, КГУ, 2008. – 77 с.,
http://www.ksu.ru/f6/k8/bin_files/2008!26.pdf.

Учебное издание

**Менжевицкий Владимир Сергеевич,
Соколова Марина Геннадиевна,
Шиманская Нелли Николаевна**

**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ
ПО ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЕ**

Дизайн обложки
М.А. Ахметов

Подписано в печать ???.?.2015.
Бумага офсетная. Печать цифровая.
Формат 60x84 1/16. Гарнитура «Times New Roman». Усл. печ. л. .
Тираж экз. Заказ

Отпечатано с готового оригинал-макета
в типографии Издательства Казанского университета

420008, г. Казань, ул. Профессора Нужи́на, 1/37
тел. (843) 233-73-59, 233-73-28