

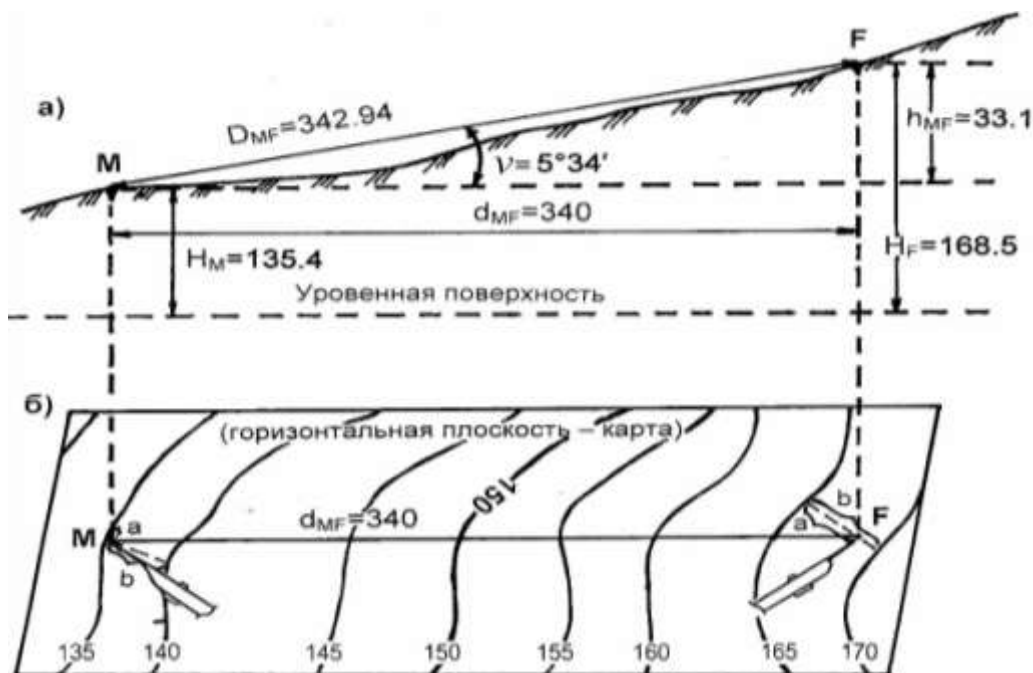
КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

К.Н. Шумаев, А.Я. Сафонов, Ю.В. Горбунова

ГЕОДЕЗИЯ

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТОПОГРАФИЧЕСКИМ КАРТАМ И ПЛАНАМ

*Методические указания к выполнению
расчётно-графической работы*



Красноярск 2020

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»

К.Н. Шумаев, А.Я. Сафонов, Ю.В. Горбунова

ГЕОДЕЗИЯ

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТОПОГРАФИЧЕСКИМ КАРТАМ И ПЛАНАМ

*Методические указания к выполнению
расчётно-графической работы*

Электронное издание

Красноярск 2020

Рецензент

*О.П. Колпакова, кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент кафедры землеустройства и кадастров*

Шумаев, К.Н.

Геодезия. Решение задач по топографическим картам и планам [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению расчётно-графической работы / К.Н. Шумаев, А.Я. Сафонов, Ю.В. Горбунова; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2020. – 55 с.

Методические указания написаны в соответствии с утверждёнными программами курсов «Геодезия», «Инженерная геодезия». В указаниях подробно изложена методика выполнения измерений, расчётов и построений при решении различных задач по топографическим картам и планам в камеральных условиях, приведена необходимая справочная информация.

Предназначено для обучения студентов Института землеустройства, кадастров и природообустройства по направлениям 20.03.02 «Природообустройство и водопользование», 21.03.02 «Землеустройство и кадастры», Института агроэкологических технологий по направлениям 35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение» и 35.03.10 «Ландшафтная архитектура», очной и заочной формы обучения, для самостоятельного изучения.

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Красноярского государственного аграрного университета

© Шумаев К.Н., Сафонов А.Я.,
Горбунова Ю.В., 2020
© ФГБОУ ВО «Красноярский государственный
аграрный университет», 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РАСЧЁТОВ	5
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАСШТАБА КАРТЫ ПО КООРДИНАТНОЙ КИЛОМЕТРОВОЙ СЕТКЕ	9
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ЗОНАЛЬНЫХ КООРДИНАТ	10
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КООРДИНАТ	13
ОРИЕНТИРОВАНИЕ ЛИНИЙ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИРЕКЦИ- ОННОГО УГЛА ЛИНИИ, АЗИМУТА ИСТИННОГО И АЗИМУТА МАГНИТНОГО	17
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТЫ ТОЧЕК НА КАРТЕ И ПЛАНЕ.....	22
ОПРЕДЕЛЕНИЕ УКЛОНА ЛИНИИ, ЗАДАННОЙ НА КАРТЕ	28
ПРОВЕДЕНИЕ ЛИНИИ С ЗАДАНЫМ УКЛОНОМ ПО КРАТЧАЙШЕМУ РАССТОЯНИЮ	30
ПОСТРОЕНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ЛИНИИ МЕСТНОСТИ ПО ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЕ	33
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ	36
ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ	41
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	45
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	51
Приложение А. Форма написания и произношения букв греческого алфавита, используемых в расчётных формулах.....	51
Приложение Б. Форма написания и произношения букв латинского алфавита, используемых в расчётных формулах.....	52
Приложение В. Постоянные математические величины, используемые в геодезических расчётах	53
Приложение Г. Пример машинописного оформления титульного листа расчётно-графической работы	54

ВВЕДЕНИЕ

Рациональное и эффективное использование земли всегда являлось весьма актуальным вопросом. Для обеспечения этого требования необходимы точные планово-картографические, учётные, обследовательские и другие материалы, составляемые на основе геодезической съёмки.

Инженерные изыскания, проведение землеустроительных работ требуют умения пользоваться топографической картой и планом и решать по ним различные задачи для отраслей экономики. Так как карты строятся на математической основе, то мы получаем однозначные результаты, независимо от того, какие карты были использованы и на каких носителях (бумажных или электронных).

Вся работа землеустроителей, геодезистов, мелиораторов теснейшим образом связана с созданием карт и планов и их использованием для решения большинства производственных задач. Карта для одних – основной результат их деятельности, для других – основа принимаемых проектных или управленческих решений. Выбрать, наиболее экономичное размещение объектов обустройства территории, как в условиях жилой зоны, так и земель сельскохозяйственного назначения, может только высококвалифицированный специалист, хорошо читающий карту. Знание карт, умение работать с ними являются базовыми навыками для специалистов, работающих в данных отраслях экономики.

Учебным планом для студентов Института землеустройства, кадастров и природообустройства, обучающихся по направлениям 21.03.02 «Землеустройство и кадастры», 20.03.02 «Природообустройство и водопользование», предусмотрены курсы «Геодезия» и «Инженерная геодезия». Методические указания включают в себя методику выполнения измерений, расчётов и построений при решении различных задач по топографической карте в камеральных условиях, а также приведён необходимый справочный материал. Методические указания составлены в соответствии с действующим государственным стандартом и рабочей программой для студентов направлений 21.03.02, 20.03.02. Могут быть полезны для студентов, обучающихся по направлению 35.03.10 «Ландшафтная архитектура».

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РАСЧЁТОВ

Расчёты. При компьютерном наборе формулы должны быть набраны в редакторе формул или в редакторе текста. При машинописном и компьютерном оформлении формулы могут быть вписаны тщательно и разборчиво, полностью от руки чёрными чернилами, пастой или тушью. В рукописном варианте пишут тем же цветом, что и весь текст.

Уравнения и формулы необходимо выделять из текста в отдельную строку. До и после каждой формулы или уравнения должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Если уравнение не уместится в одну строку, то его необходимо перенести после одного из следующих знаков: плюс (+), минус (-), умножение (\times), деление (:), или других математических знаков. При этом знак в начале следующей строки обязательно повторяют. При переносе формулы на знаке, обозначающем операцию умножения, допускается применять букву «х».

Ниже пишется слово «где» и в той же строке даётся пояснение букв и коэффициентов, составляющих формулу. Каждое значение пишется с новой строки правее слова «где», в той же последовательности, в которой они даны в формуле. По каждому значению приводится его размерность. Формулы следует нумеровать порядковой нумерацией в пределах всего документа арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке.

Пример 1

$$d = D \cos^2 u, \quad (1)$$

где d – горизонтальное проложение линии, с учётом поправки за наклон, м;

D – длина наклонной линии из журнала теодолитной съёмки, м;

u – угол наклона, измеренный по вертикальному кругу угломерного прибора, ° '.

Если в документе формула одна, её обозначают – (1). Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы составляется из номера раздела и поряд-

кового номера формулы внутри раздела, разделённых точкой, например: (4.9). Ссылка в тексте на порядковый номер формулы даётся в круглых скобках. Например: подставляем значения в формулу (12). Формулы в приложениях нумеруются отдельной нумерацией арабскими цифрами внутри каждого приложения с добавлением перед каждой цифрой обозначения приложения, например, формула (А.3).

В формулах используются буквы русского, греческого и латинского алфавитов (приложения А и Б). Необходимо использовать наиболее употребительные буквы для данной дисциплины или области знаний. Некоторые константы, используемые в геодезии, приведены в приложении В. Однородные величины обозначают одинаковыми буквами с цифровыми или буквенными индексами, например: v_1 , v_2 или K_a , K_b . Различные геометрические положения одних и тех же элементов обозначают одинаковыми буквами с различными штриховыми индексами, например: X' , X'' .

Недопустимо использовать в одной работе одни и те же символы для обозначения разных значений и понятий. Также недопустимо использовать разные символы для обозначения одних понятий. Пояснения к ним необходимо давать только после первого использования в работе.

Расчёт оформляется следующим образом. Пишется расчётная формула из символов и коэффициентов, после знака «=» (равно) подставляются их численные значения и без промежуточных расчётов, с заданной точностью, записывается результат. После численного значения результата ставится его размерность (без скобок), например:

Пример 2

$$d = D \cos^2 u = 207.49 \cdot \cos^2 3^\circ 12' = 206.84 \text{ м}$$

Несмотря на то, что точные вычисления дают 206.84345 м, в расчёте принимаем округлённо $d = 206.84$ м, так как в реальных условиях, для ходов технической точности, большая точность не требуется и полученный результат не может быть точнее, чем самое «грубое» исходное значение (207.49 м).

Форма записи размерностей (показывают физический смысл численного значения) не должна вызывать разночтений. Дробные единицы измерения в тексте рекомендуется писать с наклонной чертой, а не с горизонтальной, или в строку с применением отрицательных показателей степени, например: т/га или $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$. Исключения составляют таблицы и формулы, помещённые посередине формата документа, в которых иногда выгоднее писать сложные единицы измерения с горизонтальной чертой. Принятый способ написания единиц измерения должен быть выдержан по всему техническому документу. Нельзя в тексте одного документа писать единицы и с наклонной (или горизонтальной) чертой и с отрицательными степенями. Не допускается перенос размерности от числа на следующую строку. В случае переноса необходимо размерность писать полностью. Необходимо избегать приводить данные в СГС или во внесистемных единицах.

При использовании одновременно с буквами и цифрами установленных условных знаков и математических символов необходимо выдерживать их размеры пропорционально тексту.

Знаки 0, №, %, § и другие применяются только вместе с цифровыми или буквенными обозначениями. Без сопровождения букв и цифр в тексте их необходимо писать словами, например: ноль, номер, проценты, параграф, синус и т. д. Знаки №, %, § и другие для обозначения множественного числа не удваиваются, а записываются по одному.

В многозначных целых числах, для удобства восприятия, цифры разделяются пробелами на классы по три справа налево, например: 1 430 880. Между цифровыми множителями ставят точку (знак умножения) в середине строки, а не внизу. При буквенных обозначениях множителей, а также при сочетании цифровых обозначений с буквенными, знак умножения (точку) можно не ставить.

В простой (обыкновенной) дроби числитель отделяют от знаменателя горизонтальной или наклонной чертой. В десятичных дробях целое число (а когда его нет – ноль целых) отделяют от десятичных знаков запятой (иногда точкой).

Показатели степени пишут выше верхней строки надписи, индексы – ниже нижней строки, а пределы интегралов – сверху и снизу знака интеграла, на продолжении его линии.

Округление чисел. Округление чисел применяют в тех случаях, когда точное вычисление невозможно или нецелесообразно, или точная запись результата не имеет практического смысла, например, определение урожайности зелёной массы кукурузы в «т/га» с точностью до 1 кг, или определение диаметра Земли ($1.27 \cdot 10^7$ м) в километрах с точностью до 1 м.

При округлении десятичной дроби отбрасывают крайнюю правую цифру, при этом предыдущую цифру либо сохраняют, если отбрасывается одна из цифр 1, 2, 3, 4 (округление с недостатком), либо увеличивают на единицу, если отбрасывается одна из цифр 6, 7, 8, 9 (округление с избытком). При отбрасывании цифры пять сохраняют предыдущую цифру, если она чётная, и увеличивают её на единицу, если она нечётная. Если последняя сохраняемая цифра девять, то она заменяется нулём и на единицу повышается числовое значение предшествующей ей цифры. Если цифра также девять, то действуют таким же образом до тех пор, пока не встретится цифра, отличная от девяти.

Иногда применяют более грубое правило округления – просто отбрасывают крайнюю правую цифру.

Округление целых чисел выполняется аналогично, при этом на месте отбрасываемой цифры записывают цифру ноль.

При вычислениях с приближёнными числами следует помнить, что окончательный результат не может иметь больше значащих цифр (иметь большую разрядность), чем наименее точное из исходных данных. Приближённое число обычно характеризуют числом сохранённых разрядов после запятой или числом значащих цифр. К значащим цифрам относят все цифры, кроме нулей слева, например, числа 427, 23.8, 0.000425 имеют по три значащих цифры. При записи приближённых чисел следует писать только верные значащие цифры, если не указывается каким-либо другим способом погрешность чисел.

Поэтому при округлении чисел, больших 10, не следует писать нули, не являющиеся верными цифрами, а выделять множитель вида 10^n . Так, например, число 529 693.8, округлённое до трёх значащих цифр, следует писать в виде $5.30 \cdot 10^5$ или $530 \cdot 10^3$.

В промежуточных вычислениях следует сохранять один-два «запасных» разряда.

Величину погрешности ΔA необходимо округлить до двух значащих цифр, если первая из них единица, и до одной значащей цифры во всех остальных случаях. При записи значения $\langle A \rangle$ (\bar{A}) необходимо указывать все цифры вплоть до последнего десятичного разряда, использованного для записи погрешности.

Пример 3

$$d = 5.290 \pm 0.013 \text{ мм}$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАСШТАБА КАРТЫ ПО КООРДИНАТНОЙ КИЛОМЕТРОВОЙ СЕТКЕ

На топографических картах и планах вычерчена квадратная сетка государственной системы плоских зональных координат. Расстояние между линиями этой сетки для карт и планов разных масштабов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Расстояние между линиями сетки

Масштаб плана	Расстояние		Масштаб карты	Расстояние	
	на плане, см	на местно- сти, м		на карте, см	на местно- сти, км
1:500	10	50	1:10 000	10	1
1:1 000	10	100	1:25 000	4	1
1:2 000	10	200	1:50 000	2	1
1:5 000	10	500	1:100 000	2	2
			1:200 000	2	4

Длина стороны квадрата сетки зависит от масштаба карты и выражается целым числом километров. Каждая линия сетки подписывается.

При определении масштаба карты сначала по надписям устанавливают, через сколько километров проведены координатные линии. Затем измеряют расстояние между соседними линиями сетки в сантиметрах. Частное от деления расстояния, соответствующее на местности стороне квадрата сетки, на число, полученное в результате измерения этой стороны на карте, будет знаменателем численного масштаба карты.

Пример 4

Если сторона координатной сетки равна 2 см, то ей соответствует на местности 1 км, или 100 000 см, следовательно, масштаб карты 1:50 000.

Масштаб карты выражают отношением длины стороны километровой сетки на карте в сантиметрах к её длине на местности, выраженной в сантиметрах.

Также масштаб карты можно определить и по географической сетке координат (более точное название прямоугольная геодезическая), по длине дуги меридиана. Одна минута по меридиану приближённо соответствует расстоянию на местности $S \approx 1.85 \text{ км}$ (морской миле).

Пример 5

Если длина интервала в одну минуту по широте $l = 7.45 \text{ см}$, то, соответственно, получим знаменатель масштаба

$$M = S : l = 1.85 \cdot 10^5 : 7.45 = 25000.$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ЗОНАЛЬНЫХ КООРДИНАТ

На топографических картах имеется координатная или километровая сетка, линии которой проводятся параллельно осевому меридиану и экватору.

Для построения сетки вся земная поверхность делится на зоны, ограниченные с двух сторон меридианами с разностью долгот 6° или 3° . Разбивку зон и их нумерацию начинают от нулевого Гринвичского меридиана. Таким образом, номер зоны отличается от номера колонны на 30. Меридиан, проходящий через середину данной зоны, называется *осевым*. В каждой зоне берётся своё начало координат, причём за ось абсцисс принимается осевой меридиан, а за ось ординат – экватор (рисунки 1 и 2).

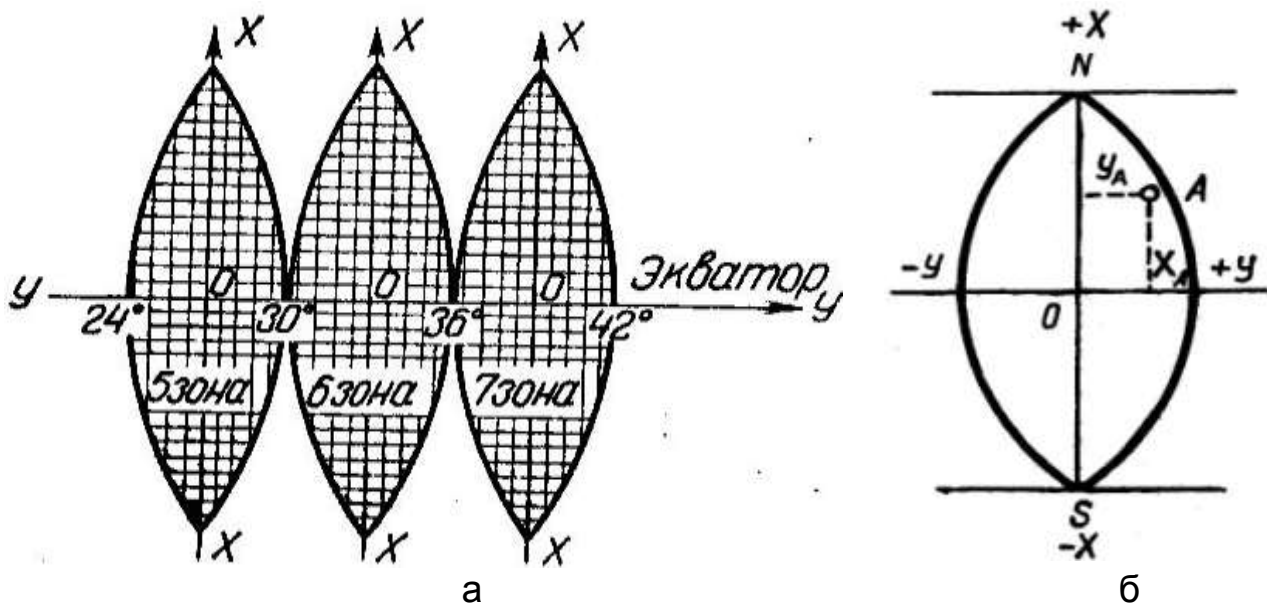


Рисунок 1 – Зональная разграфка:

а – развёртывание зон на плоскость; б – прямоугольная зональная система координат

Пример 6

Необходимо определить прямоугольные зональные координаты точки 1 по карте масштаба 1:25 000 (рисунок 2). Для этого воспользуемся километровой сеткой.

Прямоугольные координаты точки 1, находящейся на карте, определяют по формулам (1):

$$X = X_0 + \Delta X; \quad Y = Y_0 + \Delta Y, \quad (1)$$

где X_0 , Y_0 – координаты вершины квадрата километровой сетки, южная и западная соответственно, внутри которого находится точка 1, м;

ΔX , ΔY – приращение координат, измеряемое от точки 1 до южной и западной сторон квадрата соответственно, м.

Значения X_0 и Y_0 выписываются непосредственно с карты по её оцифровке. Сторона квадрата, в котором находится точка, равна 4 сантиметрам, что соответствует 1 километру на местности. Искомая точка лежит между 6067 и 6068 км по оси X и между 4311 и 4312 км по оси Y.

Необходимо помнить, что первая цифра в четырёхзначной оцифровке по долготе (ось Y) является номером зоны, а в пя-

тизначной – первые две цифры. Следовательно:

$$X_0=6\ 067\ 000\ \text{м};$$

$$Y_0=4\ 311\ 000\ \text{м}.$$

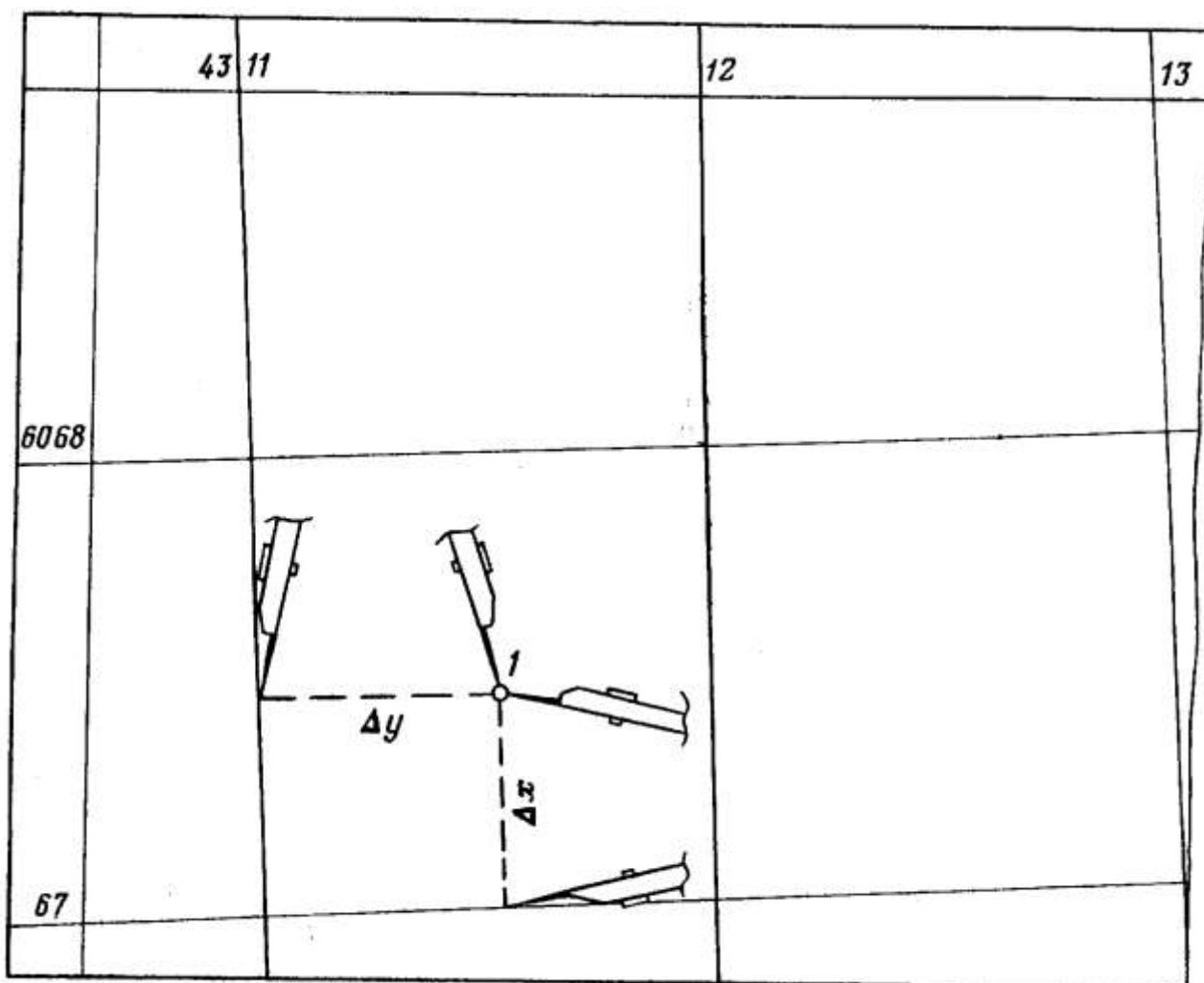


Рисунок 2 – Определение плоских прямоугольных координат

Величины ΔX и ΔY измеряют в масштабе карты с помощью измерителя и линейки поперечного масштаба. Для этого из точки 1 опускаются перпендикуляры на оси абсцисс и ординат. Допустим, что $\Delta X = 459$ м, $\Delta Y = 543$ м.

Таким образом, координаты точки 1 равны:

$$X_1=6067000+459=6067459\ \text{м},$$

$$Y_1=4311000+543=4311543\ \text{м}.$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КООРДИНАТ

Положение любой точки на поверхности Земли определяется географическими координатами (прямоугольными геодезическими).

Географические координаты представляют два угла, из которых угол между плоскостью экватора и радиусом Земли, проведённым в данную точку (M), является *широтой*, а угол между плоскостью Гринвичского меридиана (M_0) и плоскостью данной точки (M_1) – *долготой* (рисунок 3).

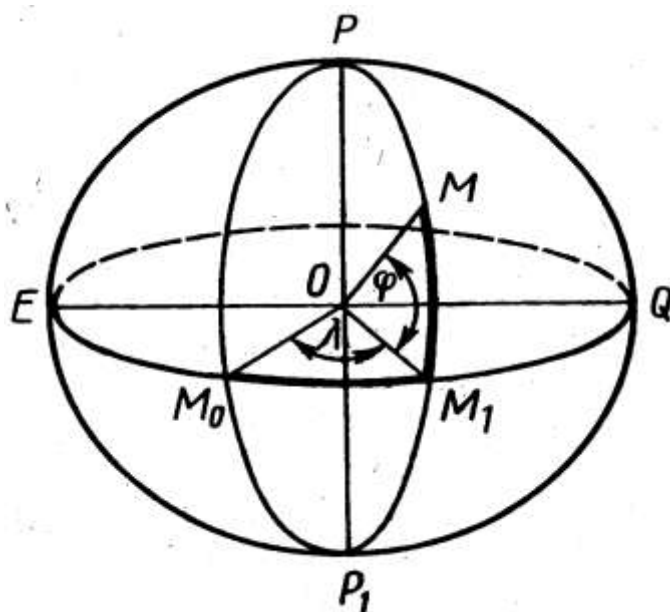


Рисунок 3 – Географические координаты

Долгота обозначается греческой буквой λ (лямбда). Отсчёт градусов долготы ведётся от начального Гринвичского меридиана (M_0), принятого за 0° , на запад или восток до 180° . Широта обозначается буквой φ (фи). Форма написания букв греческого алфавита представлена в приложении А. Отсчёт градусов широты ведётся от экватора, считаемого за 0° , к северному или южному полюсу до 90° .

Совокупность параллелей и меридианов образует на поверхности Земли градусную сеть, которая называется *географической сеткой*.

Каждый лист карты ограничен линиями меридианов и параллелей. Эти линии образуют рамку листа, имеющую форму трапеции. В углах рамки обозначают широты параллелей и

долготы меридианов. Рядом с линиями меридианов и параллелей по периметру показана минутная рамка, которая необходима для определения географических координат (рисунок 4).

Пример 7

Нам необходимо определить географические координаты точки 1 (рисунок 4). Для этого на карте через заданную точку проводят линии, параллельные ближайшим параллелям и меридиану.

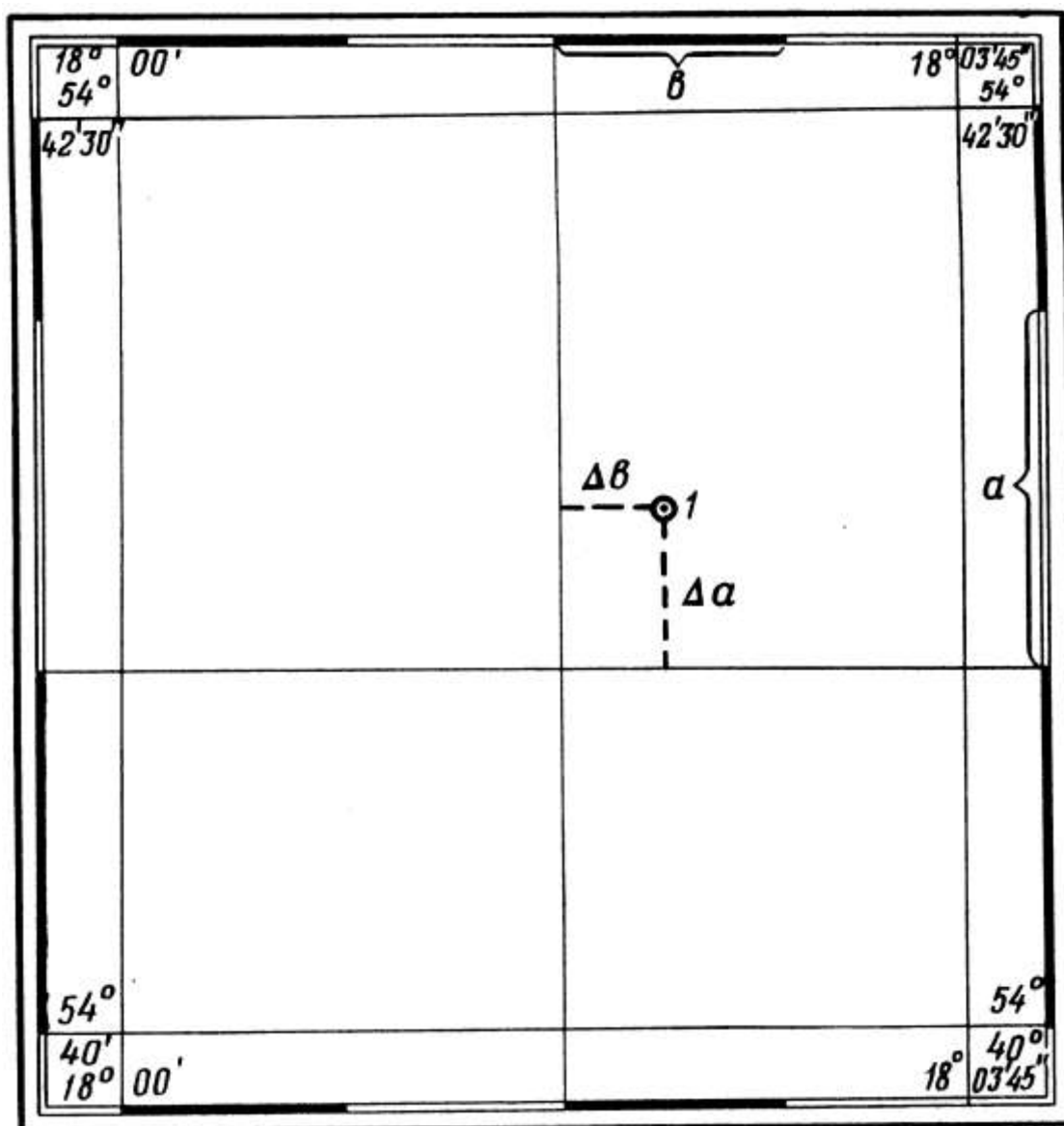


Рисунок 4 – Графические построения на топографической карте при определении географических координат точки 1

Широта точки 1 находится по формуле

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= \varphi_0 + \Delta\varphi. \\ \text{Долгота точки 1:} \quad \lambda_1 &= \lambda_0 + \Delta\lambda, \end{aligned} \tag{2}$$

где φ_0 и λ_0 – широта и долгота юго-западного угла трапеции, в которой расположена точка;

$\Delta\varphi$ и $\Delta\lambda$ – приращение от точки 1 по широте и долготе до линии с известными значениями географических координат (юго-западный угол).

Значения φ_0 и λ_0 определяются по карте. В данном случае

$$\varphi_0 = 54^\circ 41', \quad \lambda_0 = 18^\circ 02'.$$

Приращение широты и долготы находится по формулам:

$$\begin{aligned} \Delta\varphi &= \frac{\Delta a \cdot 60''}{a}, \\ \Delta\lambda &= \frac{\Delta b \cdot 60''}{b}, \end{aligned} \tag{3}$$

где a и b – длина одной минуты в сантиметрах по широте и долготе;

Δa и Δb – расстояние в сантиметрах от точки 1 до ближайших южной и западной линий географической сетки с известными значениями географических координат.

Длину одной минуты по широте и долготе и расстояние от точки до сторон трапеции измеряют при помощи линейки поперечного масштаба. Предположим, что у нас получились следующие значения:

$$a = 7,4 \text{ см}; \quad b = 4,3 \text{ см}.$$

$$\Delta a = 3,15 \text{ см}; \quad \Delta b = 2,15 \text{ см}.$$

Полученные данные подставляем в формулы (3) и получаем, что приращение от точки до линии с известными координатами равно:

$$\Delta\varphi = \frac{3.15 \cdot 60''}{7.4} = 25'', \quad \Delta\lambda = \frac{2.15 \cdot 60''}{4.3} = 30''.$$

Вычисляем по формуле (2) широту и долготу точки 1:

$$\varphi_1 = 54^\circ 41' 25'', \quad \lambda_1 = 18^\circ 02' 30''.$$

Необходимо отличать географическую (прямоугольную геодезическую) и геодезическую системы координат. Последняя определяет положение точек на поверхности эллипсоида вращения (рисунок 5).

Геодезическая долгота (L) – это двугранный угол между начальным меридианом и меридианом данной точки M . *Геодезическая широта* (B) – это угол между нормалью MO_1 к поверхности эллипсоида в заданной точке M и плоскостью экватора.

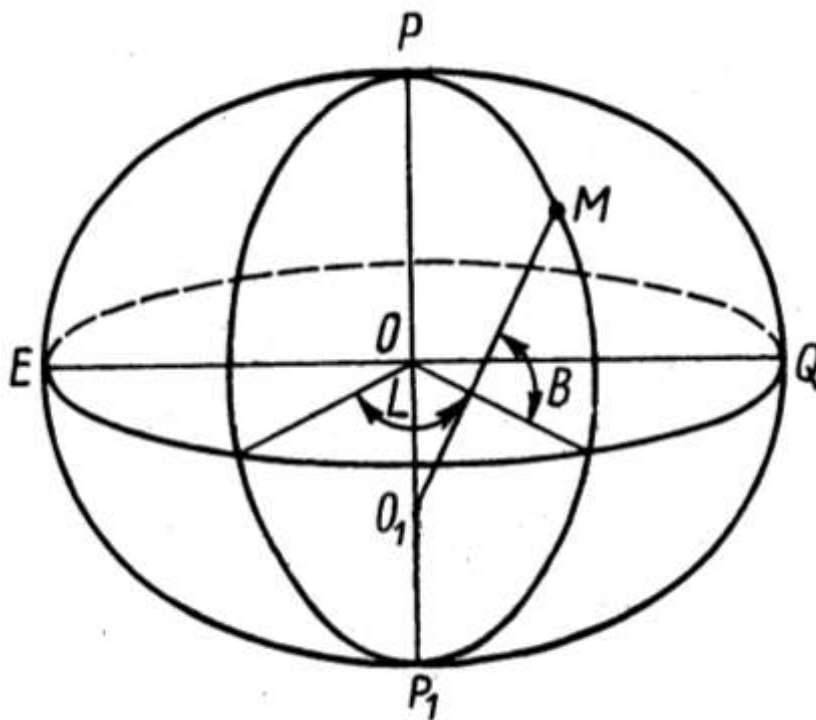


Рисунок 5 – Геодезические координаты

ОРИЕНТИРОВАНИЕ ЛИНИЙ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИРЕКЦИОННОГО УГЛА ЛИНИИ, АЗИМУТА ИСТИННОГО И АЗИМУТА МАГНИТНОГО

Ориентированием линии называется определение её положения на местности или на бумаге относительно направления, принятого за исходное.

В геодезии в качестве исходного направления принимают:

– *географический, или истинный, меридиан*, которым называют пересечение земной поверхности плоскостью, проходящей через данную точку, ось вращения Земли, Северный и Южный географические полюсы;

– *магнитный меридиан* – линия, получающаяся в пересечении отвесной плоскости, проходящей через полюсы магнитной стрелки с горизонтальной плоскостью.

В связи с тем, что соответствующие географический и магнитный меридианы не совпадают, угол между ними называется *склонением магнитной стрелки* δ . Величина магнитного склонения достаточно хорошо изучена и обязательно указывается на всех современных топографических картах под южной стороной. Для ориентирования линий служат азимуты и дирекционные углы.

Дирекционным углом называется горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления осевого меридиана или от линии, ему параллельной, по ходу часовой стрелки до направления данной линии. Дирекционные углы, как и азимуты, изменяются в пределах от 0 до 360° . Дирекционный угол в прямом и обратном направлении для одной линии отличается на 180° .

Азимутом называется угол, отсчитываемый от северного направления меридиана по ходу часовой стрелки до ориентированной линии. По величине азимут может изменяться от 0 до 360° . Если линию ориентируют относительно географического меридиана, то азимут называют *географическим, или истинным*, и обозначают A , а если относительно магнитного меридиана – *магнитным* и обозначают A_M .

Склонением магнитной стрелки называют угол, образуемый географическим и магнитным меридианами. Склонение может быть восточным или западным в зависимости от на-

правления отклонения северного направления магнитного меридиана. Восточное склонение имеет знак плюс, а западное – знак минус (рисунок 6). Среднее значение для карты указывается в легенде.

Сближение меридианов – это горизонтальный угол между направлением меридиана в данной точке и линией, параллельной осевому меридиану. Сближение может быть восточным или западным. К западу от осевого меридиана сближение меридианов будет отрицательным, а к востоку – положительным (рисунок 6).

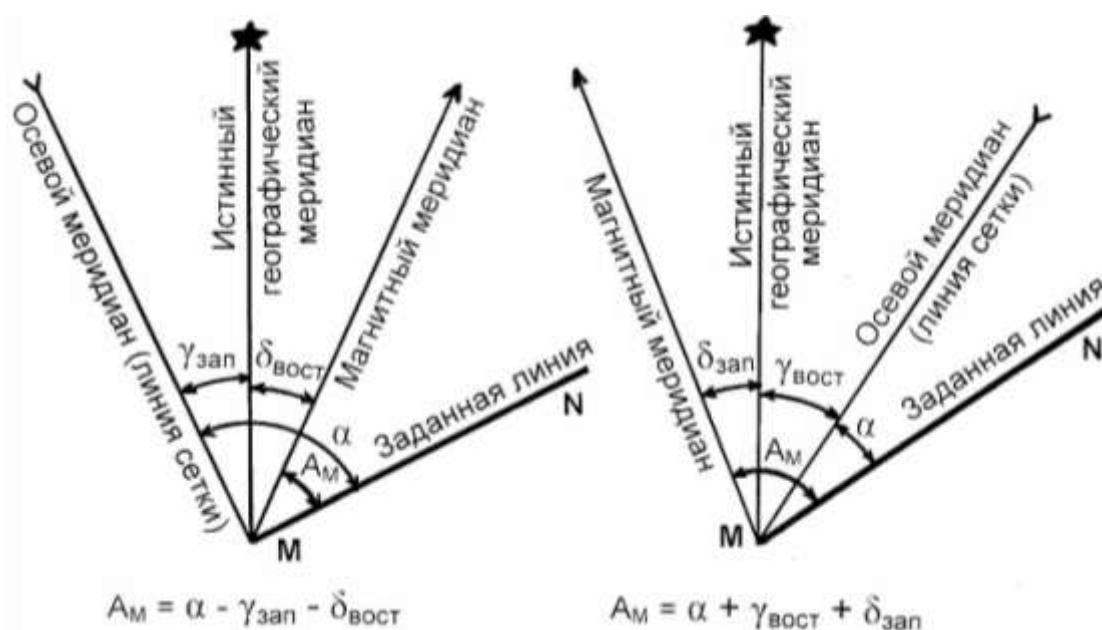


Рисунок 6 – Связь дирекционного угла, азимута истинного и азимута магнитного

Сближение меридианов можно определить и между двумя точками (рисунок 7). Если через заданные точки провести касательные к меридианам, проходящим через точки, то полученный между ними угол и будет *углом сближения меридианов*.

Румбом называется горизонтальный угол, отсчитываемый от ближайшего направления осевого меридиана (северного или южного) или от линии, ему параллельной, до направления данной линии. Румб изменяется от 0 до 90°. Румбам в зависимости от направления прибавляется название: СВ, ЮВ, ЮЗ, СЗ.

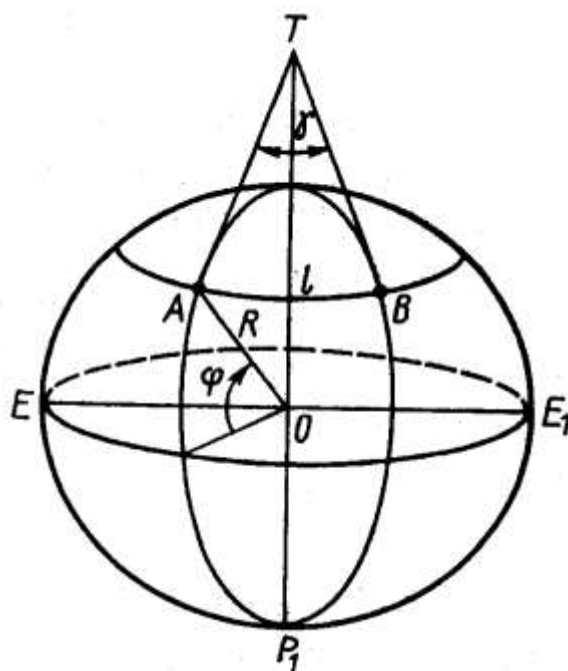


Рисунок 7 – Сближение меридианов между двумя точками

Пример 8

Дана линия 1-2 (рисунок 8). Следует определить дирекционный угол для данной линии. Для этого ориентируем линию продолжая до пересечения со стороной квадрата координатной сетки с прямоугольной координатой 8 541 км. Полученный дирекционный угол измеряем при помощи геодезического транспортира. Получим, что $\alpha_{1-2} = 60^\circ$.

Процесс измерения угла выполняется согласно тексту формулировки определения дирекционного угла.

Пример 9

Дана линия 3-4 (рисунок 8). Следует определить дирекционный угол для данной линии. Для этого ориентируем линию продолжая до пересечения со стороной квадрата координатной сетки с прямоугольной координатой 8 543 км. Полученный дирекционный угол измеряем при помощи геодезического транспортира. Получим, что $\alpha_{3-4} = 240^\circ$ (считаем по второй шкале после 180°).

Дирекционный угол линии можно также определить по координатам двух точек, лежащих на данной линии.

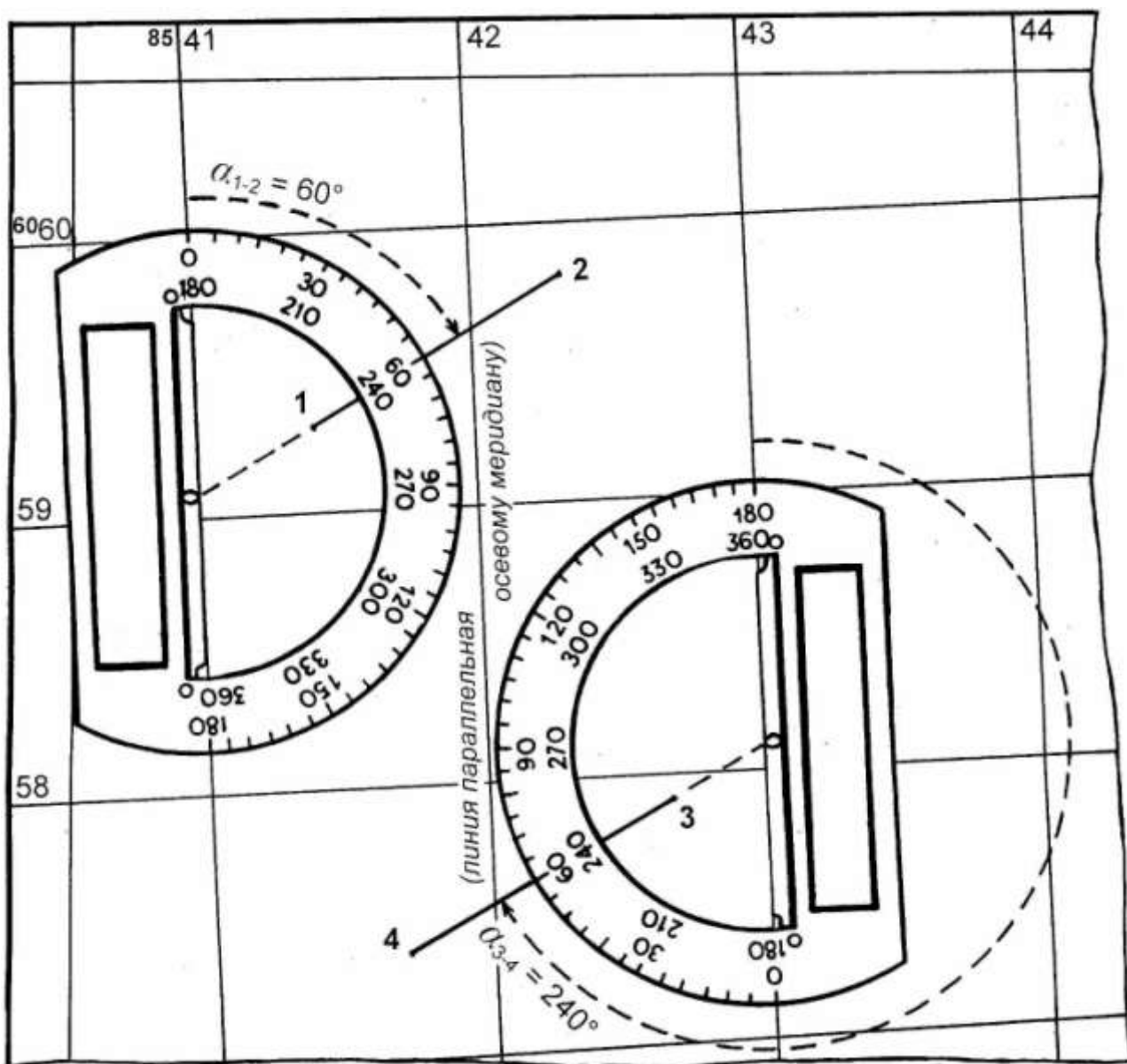


Рисунок 8 – Определение дирекционного угла

Зная дирекционный угол, можно определить азимут истинный по формуле

$$A_u = \alpha + \gamma, \quad (4)$$

где γ – угол сближения меридианов, угловые минуты.

Угловое сближение меридианов можно определить по формуле (полученное значение в угловых минутах перевести в градусы и минуты)

$$\gamma = 0.54 \cdot \text{tg} \varphi \cdot d, \quad (5)$$

где φ – широта начальной точки линии (можно принять с точностью до целых минут);

d – расстояние от начальной точки линии до осевого меридиана (рисунки 9 и 10), км. Определяется по формуле

$$d = Y - 500, \quad (6)$$

где Y – координата начальной точки линии по долготу в зональной системе, км.

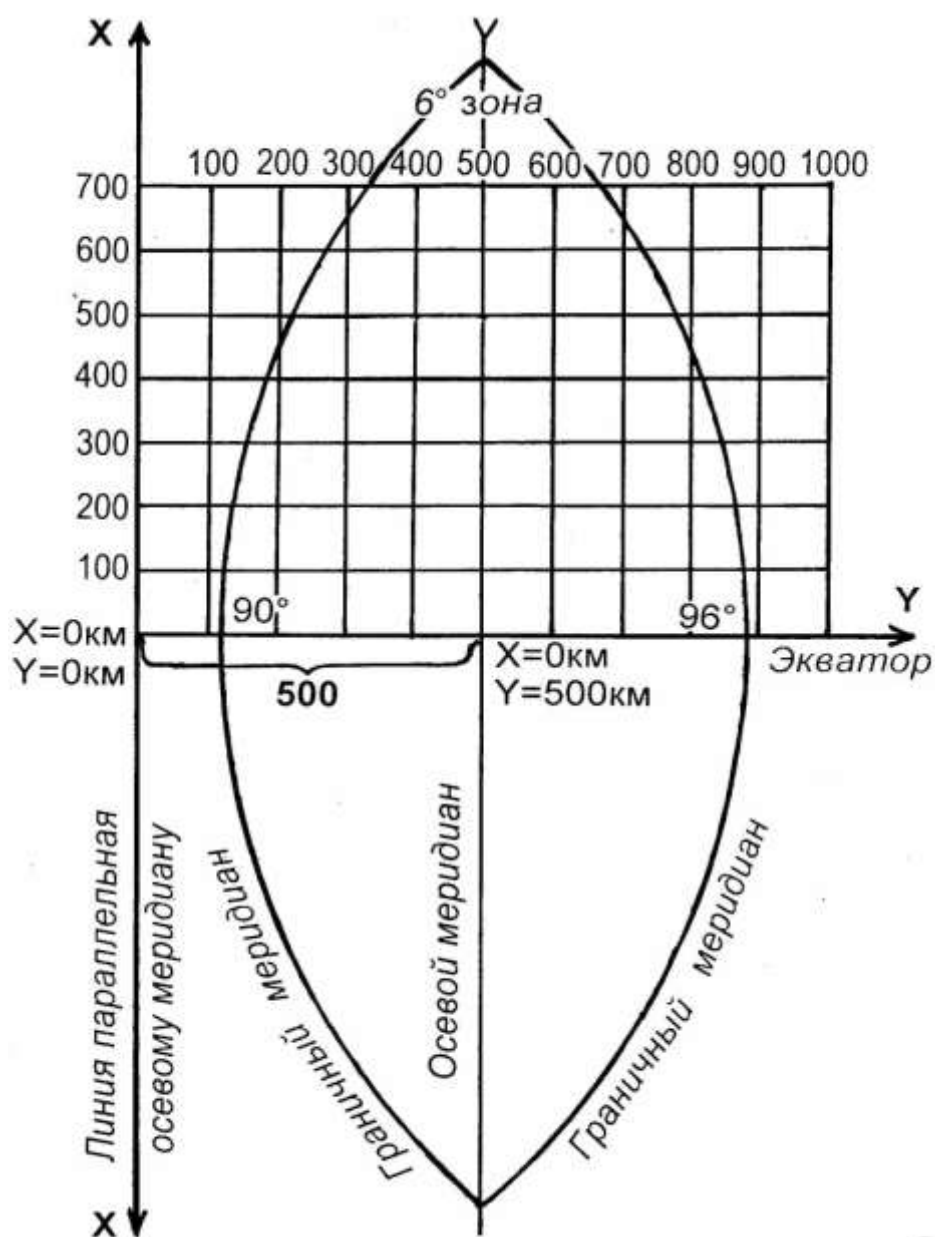


Рисунок 9 – Оси координат в зональной системе и точка начала счёта координат

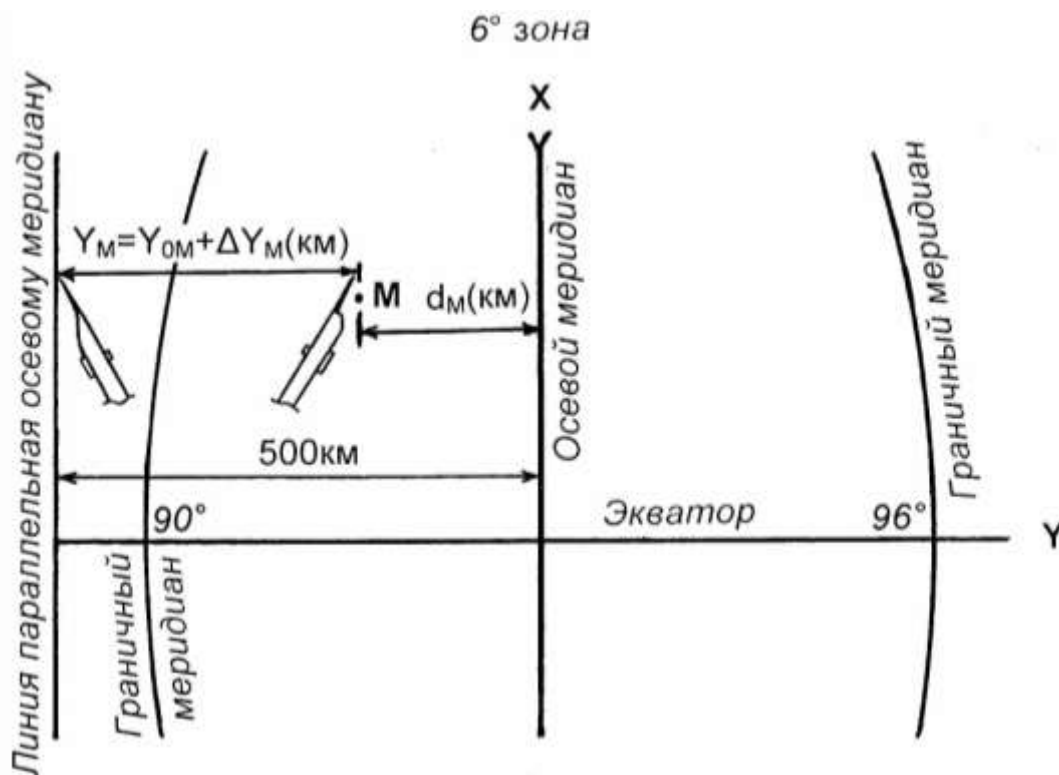


Рисунок 10 – Определение расстояния от заданной точки до осевого меридиана зоны

Зная склонение магнитной стрелки (среднее значение указывается в легенде карты, см. рисунок 7), от азимута истинного можно перейти к азимуту магнитному:

$$A_m = A_u + \delta, \quad (7)$$

где δ – склонение магнитной стрелки (восточное с минусом, западное с плюсом).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТЫ ТОЧЕК НА КАРТЕ И ПЛАНЕ

Рельеф на планах и картах изображается горизонталями. *Горизонталь* – это линия, соединяющая точки одной высоты.

Высота сечения рельефа на топографических картах и планах может быть 0.5 м; 1.0 м; 2.5 м; 5.0 м; 10.0 м и т.д., в зависимости от масштаба карты, и подписывается на картах и планах в легенде под масштабом.

Сущность изображения рельефа горизонталями представлена на рисунке 11.

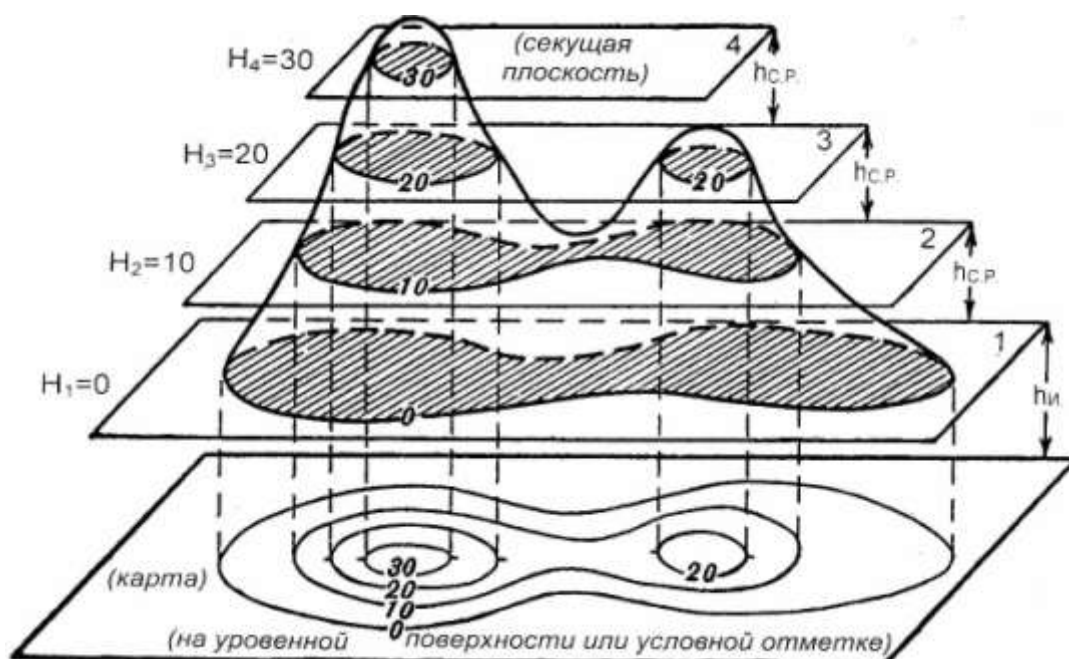


Рисунок 11 – Сущность изображения рельефа горизонталями
 h – высота сечения рельефа; H_1, H_2, H_3, H_4 – высоты секущих плоскостей над исходной поверхностью

Направление скатов показывается короткими чёрточками, перпендикулярными к горизонталям, которые носят название *бергштрихи* (скат-штрихи).

На топографической карте горизонтали показываются линиями коричневого цвета. Не все горизонтали на карте оцифрованы. Для определения высоты неподписанной горизонтали необходимо обращать внимание на следующие элементы на карте (рисунок 12):

- *высота сечения рельефа*, то есть через сколько метров проведены сплошные горизонтали (подписывается ниже именованного масштаба);

- наличие *дополнительных горизонталей* или *полугоризонталей* (показываются пунктиром коричневого цвета);

- расположенные поблизости оцифрованные горизонтали;

- оцифровка горизонталей показывает направление понижения рельефа (низ цифр всегда находится ниже горизонтали, а голова цифр всегда выше горизонтали);

- наличие и направление бергштрихов (скат-штрихи);

- наличие утолщённых горизонталей (утолщаются горизонтали, кратные круглому числу метров);

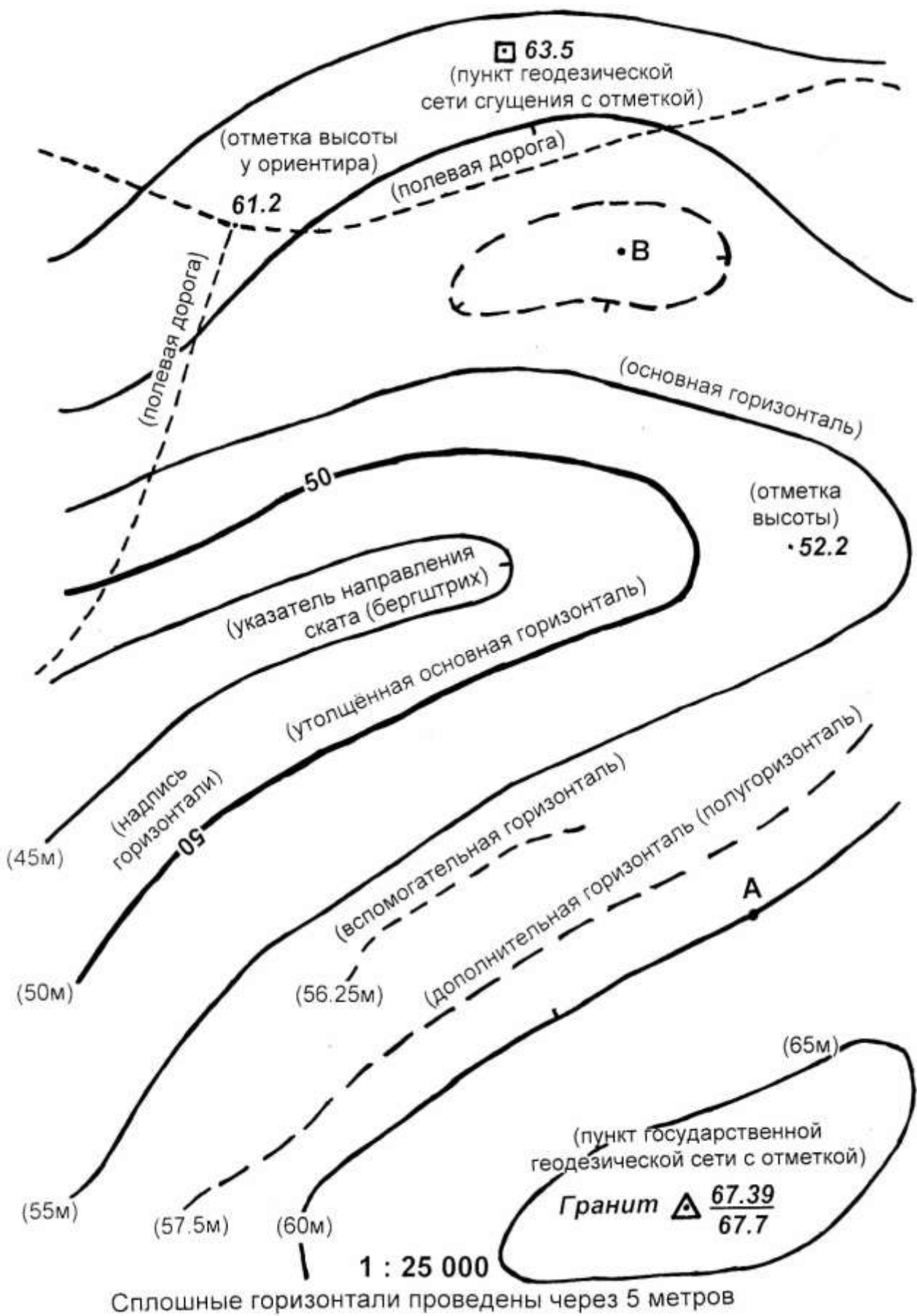


Рисунок 12 – Определение высоты точки, лежащей на горизонтали

- наличие пунктов государственной геодезической сети с указанными высотами (рисунок 13);
- наличие характерных точек местности, для которых на карте указаны их высоты;
- наличие точек местности, для которых на карте указаны их высоты;
- наличие элементов гидрографии, которые, как правило, расположены в понижениях рельефа.



Рисунок 13 – Условные знаки пунктов геодезической сети

а – пункты геодезических сетей сгущения (полигонометрии);
б – знаки нивелирные – реперы грунтовые координированные; (слева – номер знака, в числителе высота центра или головки, в знаменателе – высота земли)

Пример 10

Если точка лежит на горизонтали, её высота равна высоте горизонтали, на которой лежит заданная точка (рисунок 12). На рисунке точка А лежит на горизонтали, высота которой 60 метров. Следовательно, $H_A = 60$ м.

Если точка находится между горизонталями (рисунок 14), то её высота находится по формуле

$$H_A = H_0 + \frac{a \cdot h_{с.р.}}{b}, \quad (8)$$

где H_0 – высота нижележащей горизонтали, м;

b – кратчайшее расстояние между горизонталями (измеренное по линии, проходящей через заданную точку), м;

a – расстояние от точки до нижележащей горизонтали, м;

$h_{с.р.}$ – высота сечения рельефа, м.

Пример 11

Допустим, что для точки А на рисунке 14 получены следующие данные для предложенных показателей:

$$H_{0A} = 55\text{ м}; \quad b = 36\text{ мм}; \quad a = 26\text{ мм}; \quad h_{c.p.} = 5\text{ м}.$$

Подставляем их в формулу (8) и получаем:

$$H_A = 55.00 + \frac{26 \times 5.00}{36} = 58.61\text{ м}.$$

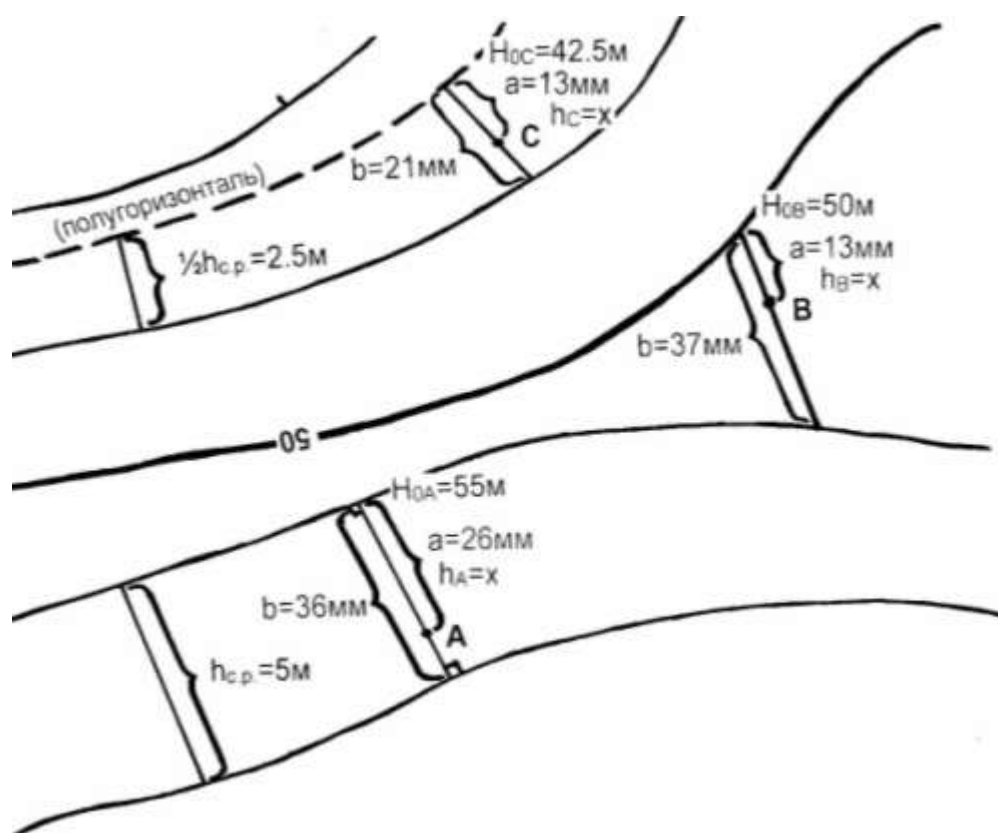


Рисунок 14 – Определение высоты точки, лежащей между горизонталями

Пример 12

Допустим, что для точки В на рисунке 14 получены следующие данные для предложенных показателей:

$$H_{0B} = 50 \text{ м}; \quad b = 37 \text{ мм}; \quad a = 13 \text{ мм}; \quad h_{c.p.} = 5 \text{ м}.$$

Подставляем их в формулу (8) и получаем:

$$H_B = 50.00 + \frac{13 \times 5.00}{37} = 51.76 \text{ м.}$$

Пример 13

Допустим, что для точки С на рисунке 14, расположенной между полугоризонталью и горизонталью, получены следующие данные для предложенных показателей:

$$H_{0C} = 42.5 \text{ м}; \quad b = 21 \text{ мм}; \quad a = 13 \text{ мм}; \quad h_{c.p.} = 2.5 \text{ м.}$$

Подставляем их в формулу (8) и получаем:

$$H_C = 42.50 + \frac{13 \times 2.50}{21} = 44.05 \text{ м.}$$

Если точка, высоту которой требуется определить, расположена в кольце горизонтали или в петле горизонтали, то её высоту принимают отличной от высоты горизонтали на половину высоты сечения рельефа. Если точка расположена на возвышении, то превышение принимается со знаком плюс, если в понижении, то превышение принимается со знаком минус. Для точек, расположенных в полугоризонтали, превышение принимают равным значению половины от высоты полугоризонтالي.

Пример 14

Требуется определить высоту точки В, отмеченной на рисунке 12. Точка расположена в кольце полугоризонтали с высотой 57.5 м и высотой сечения рельефа соответственно 2.5 м, в понижении. Половина высоты сечения от полугоризонтали составляет 1.25 м. Тогда высота точки В составит

$$H_B = 57.50 - 1.25 = 56.25 \text{ м.}$$

Кратчайшее расстояние между соседними горизонталями (проложение), измеренное по линии ската, называют *заложением*.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УКЛОНА ЛИНИИ, ЗАДАННОЙ НА КАРТЕ

Уклоном прямой называется тангенс угла наклона её к горизонтальной плоскости в данной точке (рисунок 15).

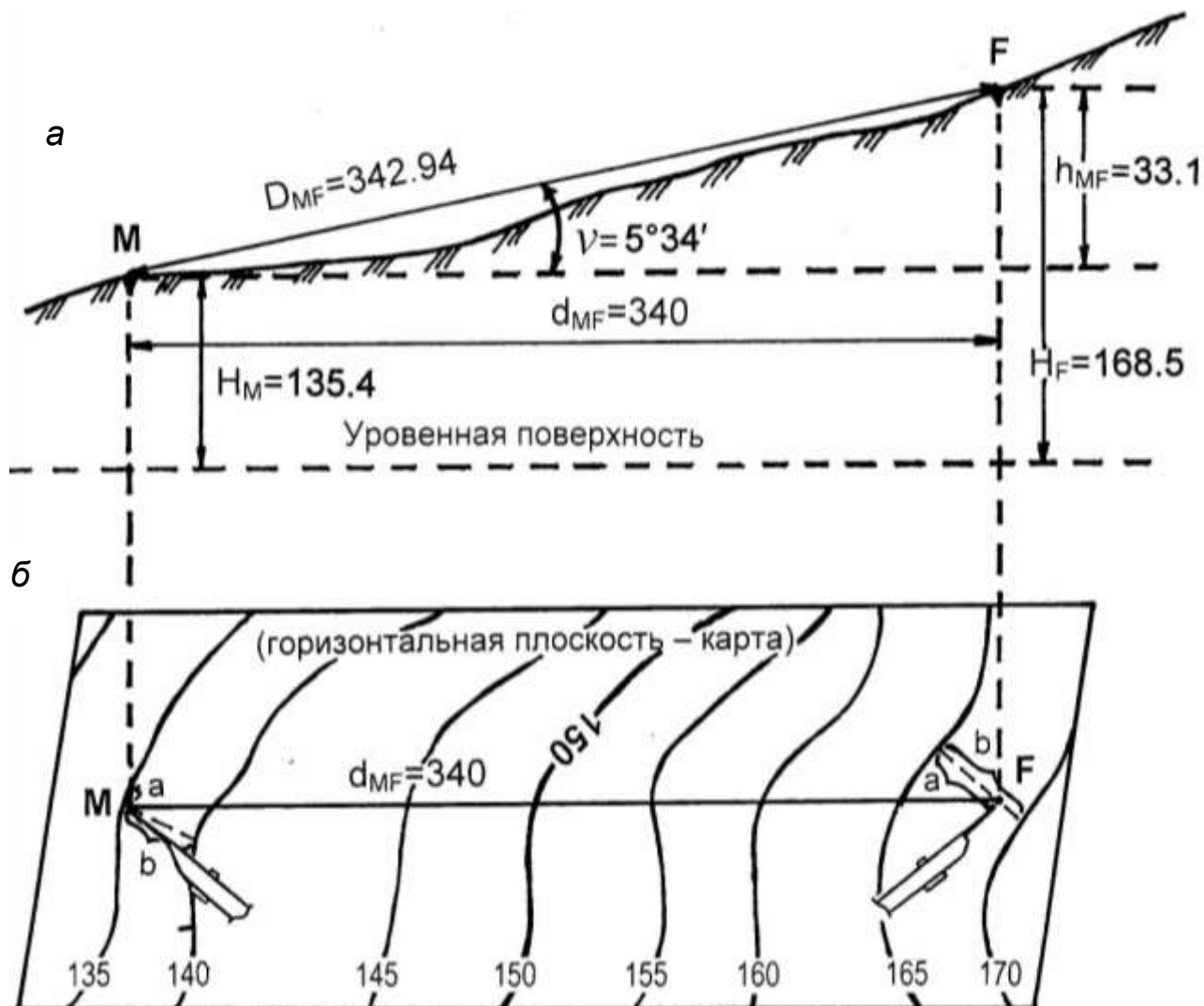


Рисунок 15 – Определение уклона линии MF:
а – поперечный разрез местности; б – карта

Уклон линии обозначается буквой i . Данный показатель вычисляется по формуле

$$i = \frac{h}{d}, \quad (9)$$

где h – превышение между точками, м;
 d – горизонтальное проложение, м.

Для определения уклона линии вначале находим по высотам горизонталей высоты её концов и вычисляем превышение h , а с топографической карты определяем горизонтальное проложение d (отмеченное на рисунке 15 ножками циркуля-измерителя).

Пример 15

Необходимо определить уклон прямой MF. Горизонтальное проложение линии MF, измеренное по топографической карте, составляет $d = 340$ м. Вычисляем превышение конечной точки F над начальной точкой M:

$$h_{MF} = H_F - H_M = 168.50 - 135.40 = 33.10 \text{ м.} \quad (10)$$

Уклон линии MF будет равен:

$$i_{MF} = \frac{33.10}{340} = 0.097 = 9.7\% = 97\text{‰} = 5^\circ 34'.$$

Величина уклона может быть выражена в долях (0.097), процентах (9.7%), промилле (97‰), угловых градусах и минутах ($5^\circ 34'$). Знаки уклона для одной и той же линии в прямом и обратном направлении будут противоположными.

Пример 16

Необходимо определить уклон прямой FM. Горизонтальное проложение линии FM, измеренное по топографической карте, составляет $d = 340$ м. Вычисляем превышение точки M над точкой F:

$$h_{FM} = H_M - H_F = 135.40 - 168.50 = -33.10 \text{ м.}$$

Уклон линии FM будет равен:

$$i_{FM} = \frac{-33.10}{340} = -0.097 = -9.7\% = -97\text{‰} = -5^\circ 34'.$$

ПРОВЕДЕНИЕ ЛИНИИ С ЗАДАНЫМ УКЛОНОМ ПО КРАТЧАЙШЕМУ РАССТОЯНИЮ

При необходимости провести кратчайшую линию через точки М и N с уклонами, не превышающими заданный i_0 , используют формулу определения уклона

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

Чтобы получить кратчайшее расстояние между соседними горизонталями d_0 , при котором уклон не будет превышать заданный i_0 , мы должны подставить вместо h высоту сечения рельефа $h_{c.p.}$, и тогда формула примет вид

$$d_0 = \frac{h_{c.p.}}{i_0}.$$

Пример 17

Например: при $h_{c.p.} = 2.5$ м и уклоне, не превышающем $i_0 = 0.05$, получим требуемое горизонтальное проложение

$$d_0 = \frac{2.50}{0.05} = 50 \text{ м.}$$

Взяв циркулем-измерителем в масштабе карты или плана полученное расстояние d_0 , делаем засечку из точки М на следующей горизонтали в сторону точки N. Затем из полученной засечкой точки повторяем засечку на следующую горизонталь, и так до заданной точки.

Если расстояние между горизонталями больше d_0 , то мы проводим линию к следующей горизонтали по кратчайшему направлению в сторону точки N, так как полученный уклон будет меньше заданного.

Если заданная точка расположена между горизонталями, то вместо высоты сечения рельефа $h_{c.p.}$ мы подставляем в

формулу конкретное превышение между заданной точкой и соседней горизонталью в проектируемом направлении.

Пример 18

При превышении между точкой и горизонталью $h=1.5\text{ м}$ и уклоне, не превышающем $i_0=0.05$, получим требуемое горизонтальное проложение:

$$d_0 = \frac{1.50}{0.05} = 30 \text{ м.}$$

Эту величину мы будем откладывать от заданной точки М до первой горизонтали, или таким же образом определённую величину – от последней горизонтали до заданной точки N, если и она лежит между горизонталями.

При возникновении различных вариантов проложения линии между заданными точками, из них выбирается кратчайшее направление. В других случаях критерием выбора может служить экономическая целесообразность или какие-либо специальные требования технического задания.

Пример 19

В процессе камерального трассирования требуется запроектировать плановое положение оси линейного сооружения, открытого канала, между точками М и N (рисунок 16) с уклонами, не превышающими допустимые.

По рассмотренным ранее формулам определяем минимальное расстояние между горизонталями d_0 . Так как точка М расположена на горизонтали, то в направлении соседней горизонтали раствором циркуля-измерителя, соответствующего d_0 (под номером 1), делаем засечки и получаем точки 1 и 7. Затем из этих точек, засечками той же величины в сторону следующей горизонтали, получаем точки 2 и 8. По северному варианту величина засечек остаётся неизменной до точки 12. В южном варианте между точкой 4 и следующей горизонталью расстояние превышает минимально допустимое (под номером 2), по-

этому ось сооружения прокладывается непосредственно в направлении точки N. Аналогично получается положение точки 6. Точка N расположена между горизонталями, в данном случае посередине. Поэтому для отрезков 12-N и 6-N определяем минимально допустимое расстояние d_N , исходя из превышения между точкой N и горизонталью с высотой 150 м. Так как длина отрезков 12-N и 6-N (под номером 3) больше d_N , то линия сооружения проектируется в направлении точки N.

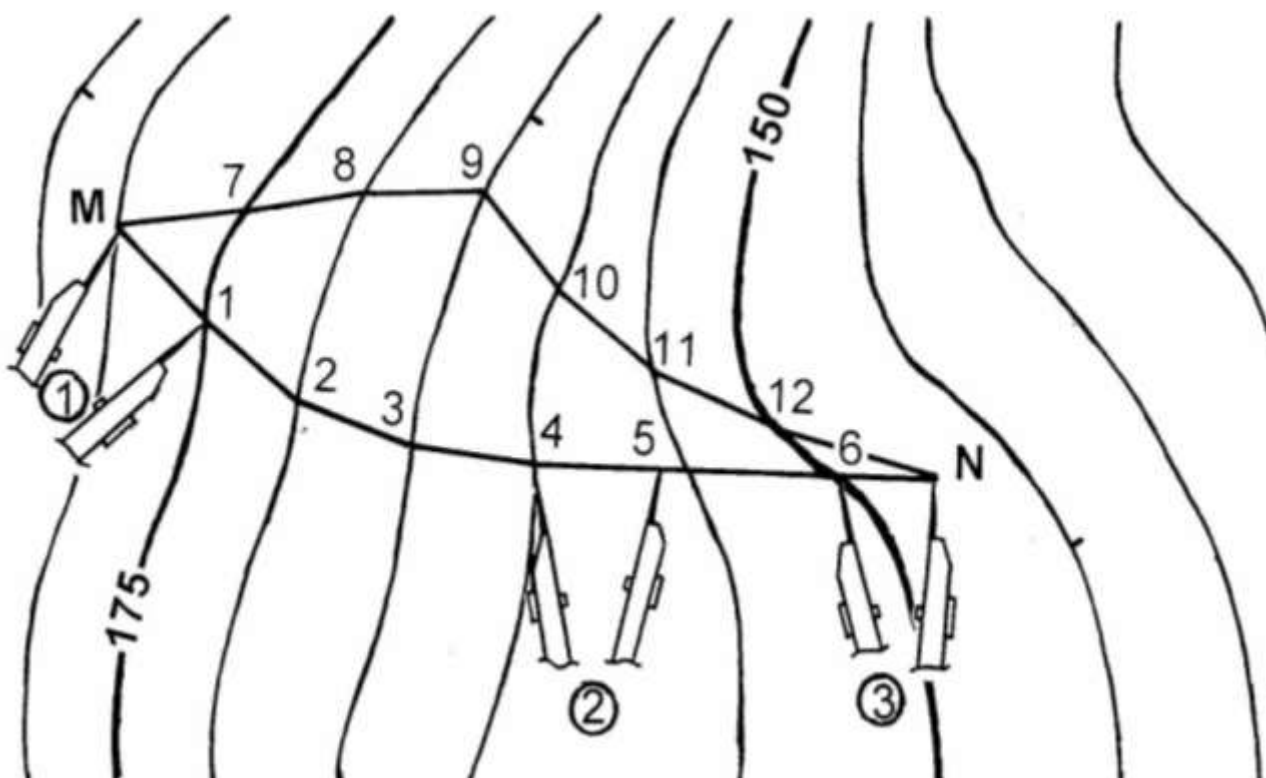


Рисунок 16 – Проведение линии заданного уклона

Из двух полученных вариантов трассы канала наиболее предпочтительным является южный. Во-первых, он имеет меньшую протяжённость, во-вторых, его трасса не имеет резких поворотов, как в точке 9 северного варианта. Такие повороты требуют дополнительного укрепления откосов с целью предотвращения размыва грунта или разрушения покрытия.

При оформлении на плане или карте проектная линия, как правило, поднимается (выделяется) красным цветом.

ПОСТРОЕНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ЛИНИИ МЕСТНОСТИ ПО ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЕ

Профилем называется вертикальный разрез земной поверхности по заданному направлению.

При построении профиля масштаб горизонтальных линий принимают равным масштабу карты, а масштаб вертикальной линии для большей наглядности принимают в 10 раз крупнее горизонтального. Профиль строится на масштабной координатной миллиметровой бумаге. При необходимости, согласно техническому заданию, горизонтальный масштаб может быть принят отличным от масштаба использованной карты. Главным условием будет согласованная точность использованной карты и полученного на её основе продольного профиля.

Пример 20

Пусть требуется построить профиль по линии MN (рисунок 17). Предварительно вычерчивают координатную сетку профиля с горизонтальными строками «Ситуация», «Отметка (высота) земли» и «Расстояние». Над боковиком таблицы указывают заданные масштабы. Точку М принимают расположенной на вертикальной оси.

Построение профиля начинается с откладывания отрезков (в соответствии с масштабом), равных расстояниям между горизонталями на карте по линии MN (под номером 1) над строкой «Ситуация» (под номером 2) и в строке «Расстояние» (под номером 3). Измерителем по масштабной линейке определяют расстояние от точки М до первой горизонтали. Расстояние равно 178 м, это и записывают в графу «Расстояние». Затем так же измеряют и откладывают расстояние между двумя последующими горизонталями (332 м), записывают в ту же строку и продолжают эти измерения до точки N.

Определяют высоты точек М и N согласно высотам горизонталей, на которых или между которыми расположены заданные точки. Так, высота точки М, расположенной посередине между горизонталями 110 и 115 м, составит 112.5 м. Высота точки N, расположенной на горизонтали с высотой 115 м, будет равна соответственно 115 м.

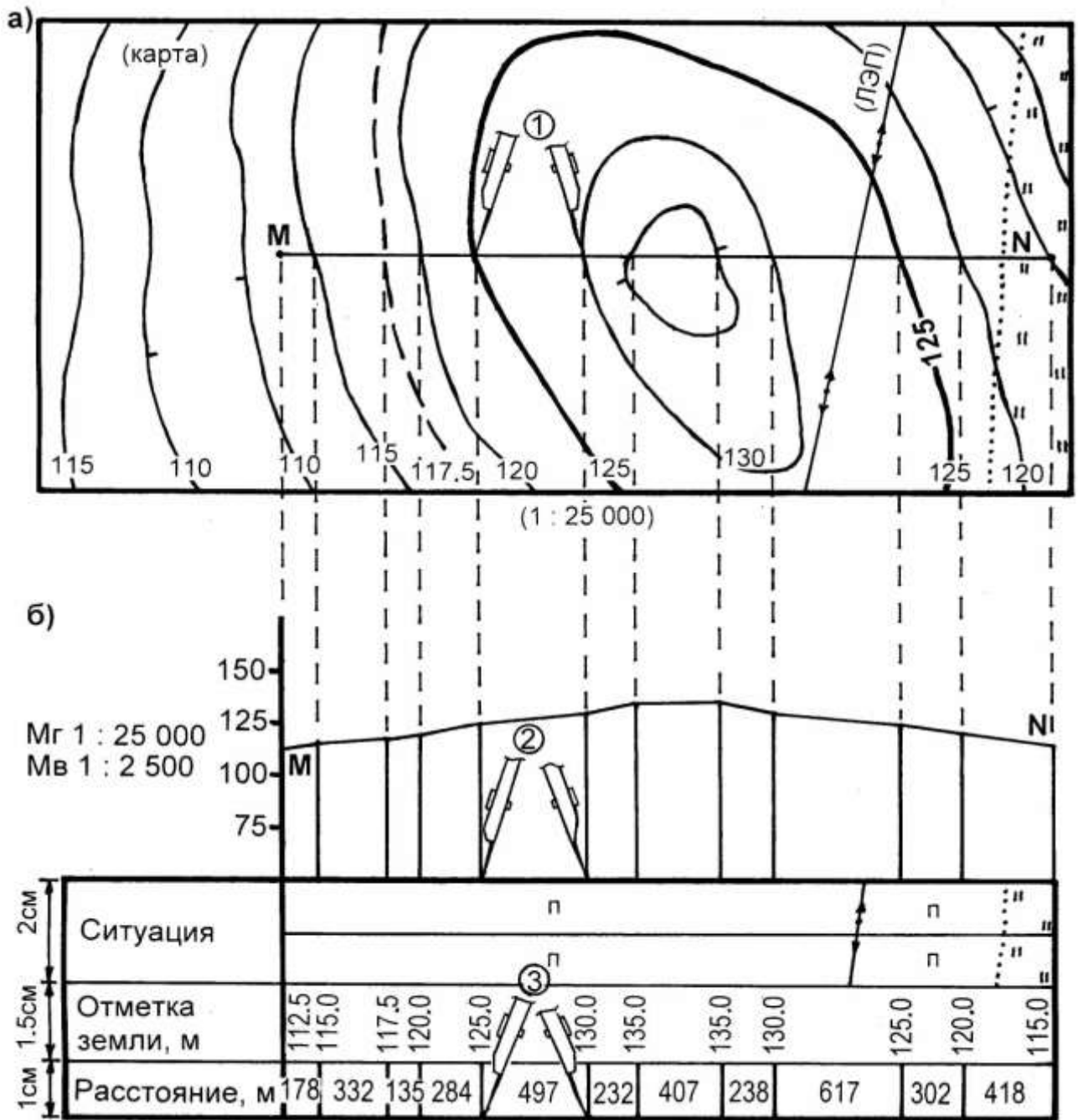


Рисунок 17 – Построение профиля местности по линии MN по топографической карте с горизонталями

В строке «Отметка (высота) земли» подписывают высоты точек М и N и горизонталей (которые пересекает заданная линия между исходными точками) с точностью до десятых долей метра. Высоты подписываются симметрично вертикальным отрезкам, располагая числа вертикально.

Профиль можно построить от какой либо условной высоты, выбрав оцифровку вертикальной оси таким образом, чтобы

под линией профиля оставалось 2–3 см свободного расстояния. Это место используется для графических построений при принятии проектных решений.

При вертикальном масштабе 1:2 500 в одном сантиметре вертикальной оси будет 25 метров. Минимальная высота профиля в точке М составляет 112.5 м. На 2-3 см вертикальной оси приходится соответственно 50-75 метров. Вычитаем эти величины из минимальной высоты и получаем 62.5–37.5 м, то есть значение высоты горизонтальной оси (линии условного горизонта), расположенной выше строки «Ситуация», выбирается в этих пределах. Исходя из полученных значений, её высоту можно принять 50 м, тогда сантиметровые отрезки вертикальной оси оцифровываем соответственно 75, 100, 125 и 150 м. Исходят из того, чтобы последний оцифрованный штрих был больше максимальной высоты профиля, составляющей 135 м.

Все подписанные высоты (ординаты) откладываются в принятом масштабе перпендикулярно вверх из точек, ранее отложенных на горизонтальной оси. Соединив затем верхние концы построенных отрезков, получают линию продольного профиля местности между заданными точками М и N.

Строка «Ситуация» заполняется вдоль заданной линии шириной полосы на местности, по правой и левой стороне, по 15–20 м, для чего измеряется расстояние до границ объектов элементов ситуации, пересекаемых заданной линией. Затем это расстояние откладывается вдоль оси продольного профиля в строке «Ситуация». Вычерчиваются границы контуров ситуации (точечный пунктир). Внутри границ наносятся условные знаки, соответствующие имеющимся угольям (пашня, луговая растительность). Вычерчиваются линейные элементы ситуации (линия электропередач – ЛЭП).

Решённые задачи оформляются на стандартных листах, согласно требованиям ГОСТ по оформлению научно-технической документации. В пояснительной записке нумеруются все вшитые листы. Цифра «1» на титульном листе не ставится. Пример оформления титульного листа расчётно-графической работы по решению задач по топографической карте приведён в приложении Г. Картографический материал, как правило, в пояснительную записку не подшивается и формируется в отдельную папку.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Что такое план?
2. Что такое карта?
3. В чём отличие плана и карты?
4. Определить масштаб карты, если длина стороны квадрата зональной сетки координат 10 см, 5 см, 4 см.
5. Что такое дирекционный угол?
6. Что такое румб?
7. В каких пределах изменяется дирекционный угол?
8. В каких пределах изменяется румб?
9. Как обозначается румб?
10. Каким образом можно определить дирекционный угол линии по топографической карте?
11. На какую величину отличается дирекционный угол прямого и обратного направлений одной линии?
12. Что такое азимут истинный?
13. Что такое азимут магнитный?
14. Что такое склонение магнитной стрелки?
15. Что такое сближение меридианов?
16. Какое может быть склонение магнитной стрелки?
17. Какое может быть сближение меридианов?
18. Где на карте размещается информация о склонении магнитной стрелки и сближении меридианов?
19. По каким элементам карты определяется номер зоны?
20. На что необходимо обращать внимание, чтобы определить высоту горизонтали?
21. Чем показывается на карте направление понижения рельефа?
22. Что принято за оси координат в зональной системе координат?
23. Что принято за начало отсчёта в зональной системе координат?
24. Почему не совпадают ось координат по долготе и начало отсчёта по долготе в зональной системе координат?
25. Что принято за оси координат в географической (геодезической прямоугольной) системе координат?
26. Какие данные необходимо иметь для определения уклона между двумя точками?

27. В чём отличие уклона одной линии в прямом и обратном направлении?
28. Что такое высота сечения рельефа?
29. Каким образом отображается рельеф на топографических картах и планах?
30. По каким параметрам выполняется построение продольного профиля?
31. В каких случаях требуется проектирование линии с заданным уклоном?
32. Что такое предельно допустимый уклон?
33. Скопировать фрагмент карты масштаба 1:10 000 с увеличением из формата А5 в формат А4 (рисунок 18). На карте согласно рассмотренным задачам выбрать точки. По выбранным точкам самостоятельно решить приведённые ранее задачи.
34. Скопировать фрагмент карты масштаба 1:25 000 с увеличением из формата А5 в формат А4 (рисунок 19). На карте, согласно рассмотренным задачам, выбрать точки. По выбранным точкам самостоятельно решить приведённые ранее задачи.
35. Скопировать фрагмент карты масштаба 1:100 000 с увеличением из формата А5 в формат А4 (рисунок 20). На карте, согласно рассмотренным задачам, выбрать точки. По выбранным точкам самостоятельно решить приведённые ранее задачи.
36. Какие горизонталы используются на топографических планах и картах?
37. Как оцифровываются горизонталы?
38. Как оформляется чертёж продольного профиля?
39. Как отображается ситуация на продольном профиле?
40. В каких масштабах вычерчивается продольный профиль?
41. Как оформляется расшифровка символов в расчётных формулах?
42. Какие системы координат использованы в рамке топографических карт?

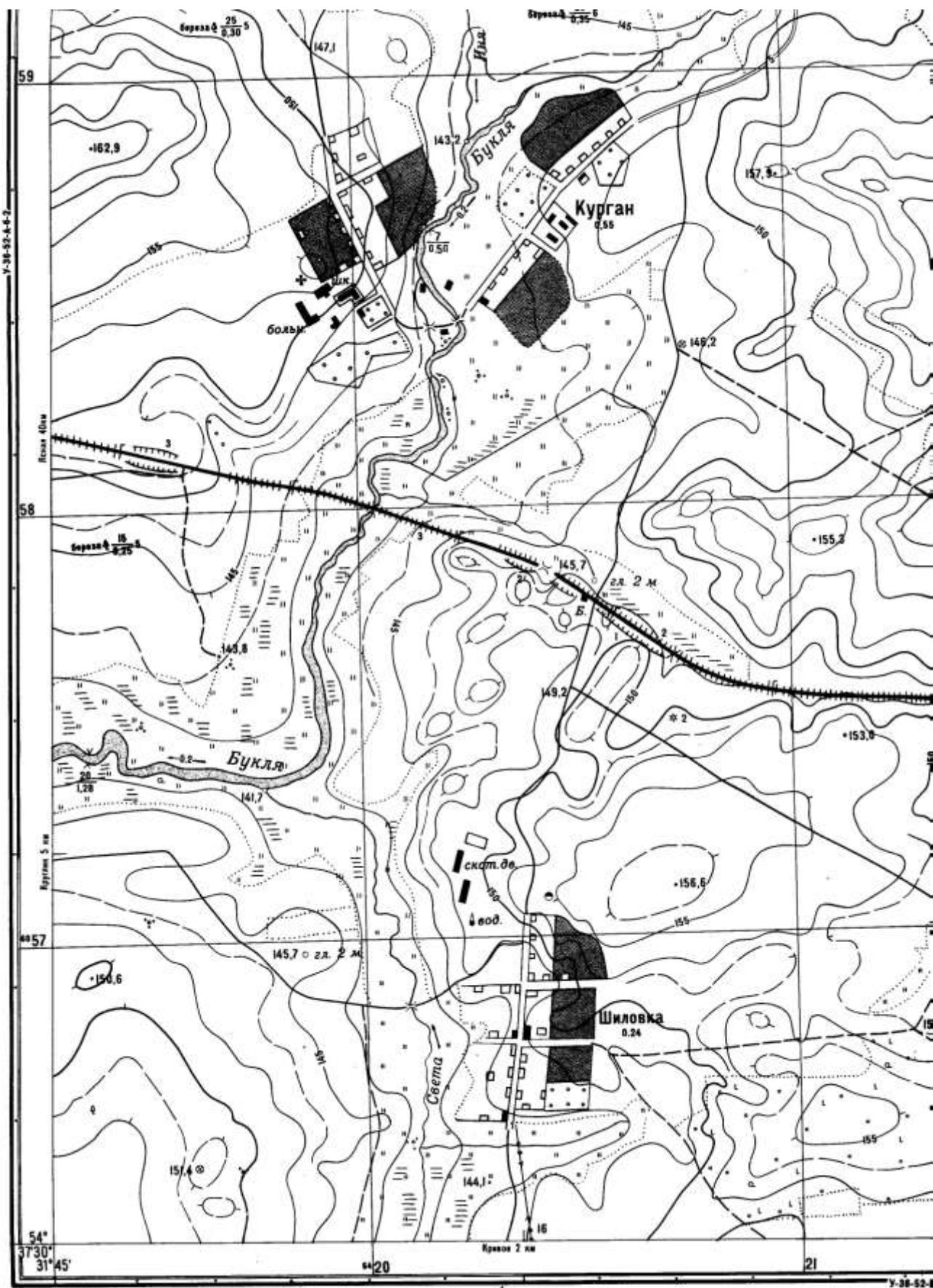


Рисунок 18 – Фрагмент карты масштаба 1:10 000

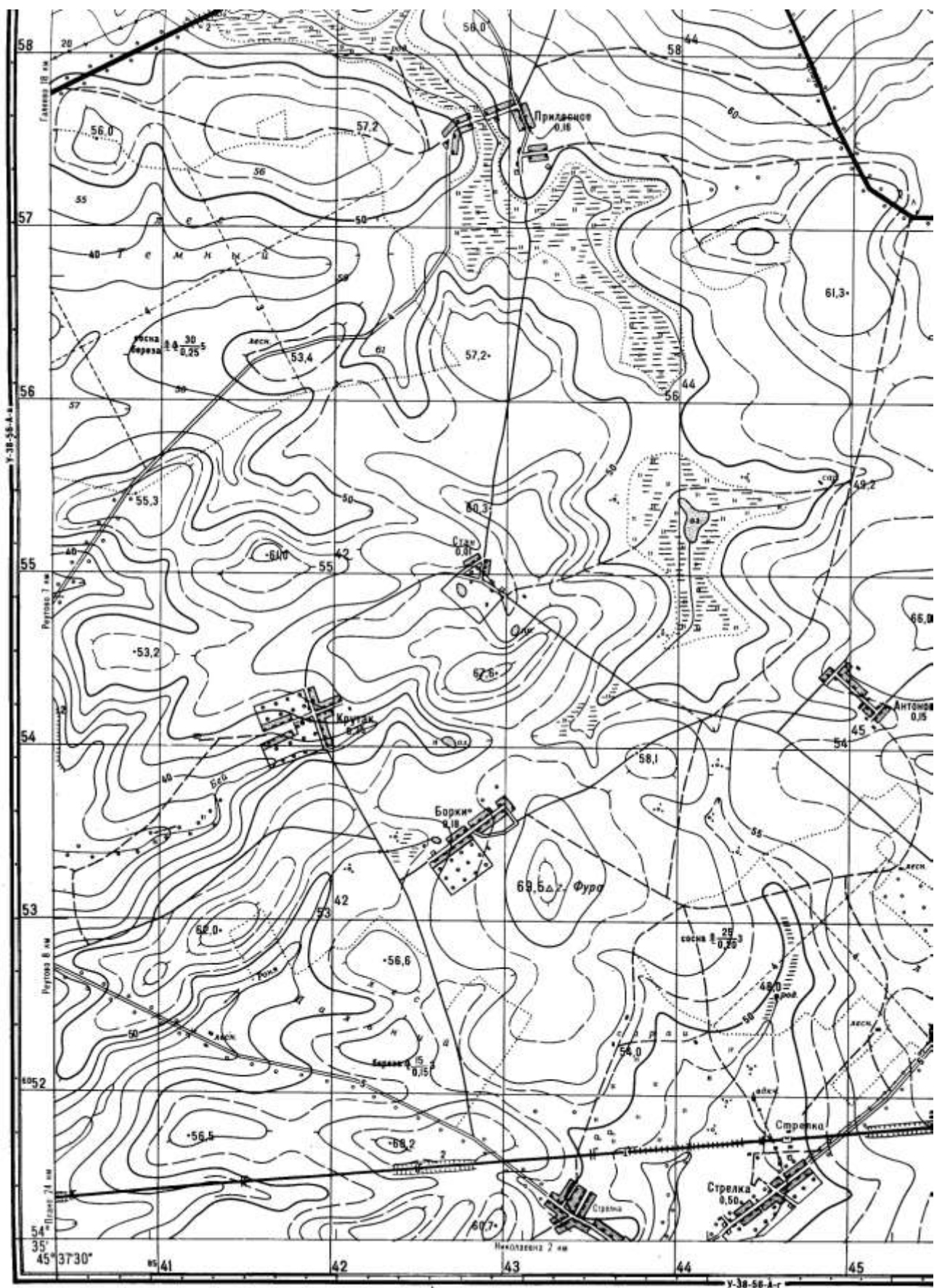


Рисунок 19 – Фрагмент карты масштаба 1:25 000



Рисунок 20 – Фрагмент карты масштаба 1:100 000

43. В чём отличие географической и геодезической систем координат?
44. Перечислите правила округления.
45. Какие числа называются значащими?
46. Как нумеруются таблицы?
47. Как нумеруются рисунки?
48. Как нумеруются страницы пояснительной записки?
49. Как нумеруются расчётные формулы?

ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ

Азимут географический, или *истинный* – угол, отсчитываемый от северного направления географического меридиана по ходу часовой стрелки до ориентируемой линии.

Азимут магнитный – угол, отсчитываемый от северного направления магнитного меридиана по ходу часовой стрелки до ориентируемой линии.

Бергштрих (скат-штрих) – чёрточка у горизонталей, показывающая направление понижения рельефа.

Водосборная площадь – территория, с которой, по условиям рельефа, вода из атмосферных осадков будет стекать в водоток выше заданного створа.

Высота сечения рельефа – разность высот двух соседних горизонталей.

Горизонталь – замкнутая кривая линия, все точки которой имеют одну и ту же высоту над поверхностью, принятой за начальную.

Дирекционный угол – это горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления осевого меридиана или от линии, ему параллельной, по ходу часовой стрелки до направления данной линии.

Долгота географическая (L) – двугранный угол между начальным меридианом и меридианом данной точки.

Долгота зональная (Y) – расстояние от линии, параллельной осевому меридиану зоны и отстоящей от него на запад на 500 км, до заданной точки.

Заложение – расстояние между двумя смежными горизонталями на плоскости, измеренное по линии ската.

Зарамочное оформление карты включает в себя сведения

о средних склонениях магнитной стрелки и сближении меридианов для данного листа карты, численный и линейный масштабы, сечение рельефа (через сколько метров проведены горизонтали), график заложения, период проведения съёмки, определяющий достоверность этих данных и др.

Карта – уменьшенное изображение на плоскости поверхности всей Земли или её части, построенное по определённым математическим законам, с учётом кривизны Земли.

Координаты географические (геодезические прямоугольные) – представляют два угла, из которых угол между плоскостью экватора и радиусом Земли, проведённым в данную точку, является *широтой*, а угол между плоскостью Гринвичского меридиана и плоскостью данной точки – *долготой*.

Координаты зональные – прямоугольные координаты внутри зоны.

Легенда – система использованных на карте условных обозначений и текстовых пояснений к ним.

Линейка поперечного масштаба – номограмма поперечного масштаба, нанесённая на металлическую пластину длиной от 10 до 22 см.

Масштаб плана (карты) – отношение длины линии на плане (карте) к длине горизонтального проложения соответствующей линии на местности.

Масштаб именованный указывает, сколько метров на местности содержится в одном сантиметре плана или карты, пишется ниже численного.

Масштаб линейный представляет собой горизонтальную линию, на которой отложены равные отрезки (обычно в 1 см), называемые основанием масштаба.

Масштаб поперечный представляет собой номограмму, вычерченную на бумаге или нанесённую на металлическую пластину, левое основание и вертикальные линии которой разделены на пять или десять частей.

Масштаб численный показывает, во сколько раз уменьшены линии местности при перенесении на план или карту, выражается аликвотной дробью, числитель которой равен единице, а знаменатель круглому числу.

Меридиан осевой – ось симметрии зоны, проходит через середину данной зоны.

Меридиан географический, или *истинный* – пересечение земной поверхности плоскостью, проходящей через данную точку, ось вращения Земли, Северный и Южный географические полюсы.

Меридиан магнитный – линия, получающаяся в пересечении отвесной плоскости, проходящей через полюсы магнитной стрелки с горизонтальной плоскостью.

Минута угловая по широте соответствует одной морской миле или 1852 м на местности.

Ориентирование линии – определение её положения на местности или на бумаге относительно направления, принятого за исходное.

План – изображение на плоскости горизонтальной проекции небольшого участка земной поверхности в уменьшенном и подобном виде без учёта кривизны фигуры Земли.

План ситуационный, или *контурный* – план, на котором изображена только ситуация местности.

План топографический – план, на котором изображены ситуация местности и рельеф.

Проложение – кратчайшее расстояние между двумя точками на плоскости.

Профиль – вертикальный разрез земной поверхности по заданному направлению.

Рамки карт – система линий, окаймляющих карту. Различают внутреннюю и внешнюю рамки.

Рельеф местности – совокупность неровностей земной поверхности.

Румб – горизонтальный угол, отсчитываемый от ближайшего направления осевого меридиана или от линии, ему параллельной, до направления данной линии.

Сближение меридианов – горизонтальный угол между направлением меридиана в данной точке и линией, параллельной осевому меридиану.

Сетка географическая – совокупность параллелей и меридианов, образующих на поверхности Земли градусную сеть.

Склонение магнитной стрелки – угол, образуемый географическим и магнитным меридианами.

Точность масштаба – длина горизонтального проложения на местности, соответствующая 0.1 мм на плане или карте.

Точность чертежа предельная – отрезок на плане или карте, равный 0.1 мм.

Точность чертежа средняя – отрезок на плане или карте, равный 0.2 мм.

Уклон линии – тангенс угла наклона её к горизонтальной плоскости в данной точке, или отношение превышения конечной точки над начальной к проложению.

Условные знаки – специально разработанные графические значки для обозначения на планах и картах различных объектов местности.

Условные знаки внемасштабные – знаки, применяемые для изображения мелких предметов местности, которые ввиду их малых размеров нельзя показать в масштабе плана.

Условные знаки контурные или масштабные (площадные) – знаки, применяемые для изображения довольно крупных объектов местности, ограниченных ясно выраженными контурами, размеры которых значительно превышают точность масштаба, с сохранением их действительных пропорций.

Условные знаки линейные – знаки, применяемые для изображения объектов, длина которых может быть приведена в масштабе, а ширина значительно меньше точности масштаба, поэтому её на плане или карте показывают с преувеличением.

Условные знаки пояснительные – знаки, представляющие собой надписи и цифровые данные, которые дают возможность установить по карте число домов в населённом пункте, породу леса, размер деревьев, длину моста и пр.

Условные знаки специальные – знаки, обозначающие на планах объекты специального назначения (трассы, водопроводы, фонтаны и др.).

Цифровая модель местности (ЦММ) – цифровая картографическая модель, содержащая данные об объектах местности и её характеристику.

Цифровая модель рельефа – логико-математическое представление рельефа в цифровой форме.

Широта географическая (геодезическая) (B) – угол между нормалью к поверхности эллипсоида в заданной точке и плоскостью экватора.

Широта зональная (X) – расстояние, отсчитываемое от экватора до заданной точки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Букринский, В.А. Геодезия и маркшейдерия / В.А. Букринский, В.Н. Попов. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2015. – 453 с.
2. Булдакова, М.Б. Геодезия. Тахеометрическая съёмка и построение геодезической сети: учебное пособие / М.Б. Булдакова; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2000. – 136 с.
3. Геодезия: учебник для вузов / А.Г. Юнусов, А.Б. Беликов, В.Н. Баранов, Ю.Ю. Каширкин. – М.: Академический проект; Трикста, 2015. – 411 с.
4. Геодезия, картография, геоинформатика, кадастр: энциклопедия. В 2-х т. Т. 1. – М.: Геодезкартиздат, 2008. – 496 с.
5. Геодезия, картография, геоинформатика, кадастр: энциклопедия. В 2-х т. Т. 2. – М.: Геодезкартиздат, 2008. – 496 с.
6. Гиршберг, М.А. Геодезия: учебник / М.А. Гиршберг. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. – 384 с.
7. ГОСТ 21667-76. Картография. Термины и определения. – М., 1976.
8. ГОСТ 7.32-2001. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчёт о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления. – М., 2001.
9. Дьяков, Б.Н. Основы геодезии и топографии: учебное пособие / Б.Н. Дьяков, В.Ф. Ковязин, А.Н. Соловьёв. – СПб.: Лань, 2011. – 272 с.
10. Золотова, Е.В. Геодезия с основами кадастра: учебник для вузов / Е.В. Золотова, Р.Н. Скогорева. – М.: Академический Проект; Трикста, 2015. – 414 с.
11. Инженерная геодезия: учебник / Е.Б. Ключин, М.И. Киселёв, Д.Ш. Михелев, В.Д. Фельдман. – М.: Академия, 2010. – 496 с.
12. Инженерная геодезия: учебник для высших учебных заведений / Е.В. Ключин, М.И. Киселёв, Д.Ш. Михелев, В.Д. Фельдман. – М.: Академия, 2006. – 480 с.
13. Инженерная геодезия: учебник для студентов вузов / А.Г. Парамонов [и др.]. – М.: МАКС Пресс, 2014. – 368 с.

14. Инженерная геодезия и геоинформатика. Краткий курс: учебник для студентов вузов / под редакцией В.А. Коугия. – СПб.: Лань, 2015. – 286 с.
15. Инструкция о порядке контроля и приёмки геодезических, топографических и картографических работ (ГКИНП (ГНТА)-17-004-99) / Федеральная служба геодезии и картографии России. – М.: ЦНИИГАиК, 1999.
16. Инструкция по развитию съёмочного обоснования и съёмке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS (ГКИНП (ОНТА)-02-262-02) / Федеральная служба геодезии и картографии России. – М.: ЦНИИГАиК, 2002. – 55 с.
17. Инструкция по топографической съёмке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 (ГКИНП-02-033-82) / ГУГК. – М.: Недра, 1985. – 152 с.
18. Киселёв, М.И. Геодезия: учебник / М.И. Киселёв, Д.Ш. Михелев. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2015. – 384 с.
19. Киселёв, М.И. Основы геодезии: учебник / М.И. Киселёв, Д.Ш. Михелев. – М.: Высшая школа, 2001. – 368 с.
20. Костылев, В.А. Геодезия: учебно-методическое пособие по учебной геодезической практике / В.А. Костылев, В.В. Шумейко, К.Г. Барсуков. – Воронеж: ВГАСУ, 2013. – 77 с.
21. Курошев, Г.Д. Геодезия и топография: учебник для вузов / Г.Д. Курошев, Л.Е. Смирнов. – М.: Академия, 2006. – 176 с.
22. Куштин, И.Ф. Инженерная геодезия: учебник / И.Ф. Куштин, В.И. Куштин. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. – 416 с.
23. Маслов, А.В. Геодезия. / А.В. Маслов, А.В. Гордеев, Ю.Г. Батраков. – М.: КолосС, 2006. – 598 с.
24. Мирошников, А.Е. Картография с основами топографии: методическое пособие / А.Е. Мирошников, Е.В. Бажкова; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2004. – 92 с.
25. Михайлов, А.Ю. Инженерная геодезия в вопросах и ответах / А.Ю. Михайлов. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. – 200 с.
26. Науки о Земле: учебное пособие / А.Я. Сафонов, К.Н. Шумаев, Т.Т. Миллер; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2010. – 350 с.

27. Нестеренок, М.С. Геодезия: учебник / М.С. Нестеренок, В.Ф. Нестеренок, А.С. Позняк. – Минск: Университетское, 2001. – 310 с.
28. Неумывакин, Ю.К. Практикум по геодезии: учебное пособие / Ю.К. Неумывакин. – М.: КолосС, 2008. – 318 с.
29. Неумывакин, Ю.К. Практикум по геодезии: учебное пособие / Ю.К. Неумывакин, А.С. Смирнов. – М.: Картгеоцентр – Геодезиздат, 1995. – 315 с.
30. Неумывакин, Ю.К. Земельно-кадастровые геодезические работы / Ю.К. Неумывакин, М.И. Перский. – М.: КолосС, 2006. – 184 с.
31. Первунин, В.А. Картография: учебно-методическое пособие / В.А. Первунин; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2009. – 130 с.
32. Перфилов, В.Ф. Геодезия: учебник для вузов / В.Ф. Перфилов, Р.Н. Скогорева, Н.В. Усова. – М.: Высшая школа, 2006. – 350 с.
33. Поклад, Г.Г. Геодезия: учебное пособие для студентов вузов / Г.Г. Поклад, С.П. Гриднев. – М.: Академический Проект, 2013. – 539 с.
34. Правила начертания условных знаков на топографических планах подземных коммуникаций масштабов 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000, 1:500 / ГУГК. – М.: Недра, 1981. – 44 с.
35. Практикум по геодезии: учебное пособие для студентов вузов / под редакцией Г.Г. Поклада. – М.: Академический Проект, 2015. – 487 с.
36. Пресняков, В.В. Современные топографо-геодезические методы определения площадей (территорий) на картах и планах / В.В. Пресняков. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 244 с.
37. Сафонов, А.Я. Геодезическое трассирование: методические указания к выполнению расчётно-графической работы / А.Я. Сафонов, Ю.В. Горбунова; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2018. – 36 с.
38. Сафонов, А.Я. Топография: учебное пособие / А.Я. Сафонов, К.Н. Шумаев, Т.Т. Миллер; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2014. – 222 с.
39. Справочник стандартных и употребляемых (распространённых) терминов по геодезии, картографии, топографии,

геоинформационным системам, пространственным данным. – М.: Братишка, 2007. – 736 с.

40. Топографическое черчение: учебник для вузов / Н.Н. Лосяков, П.А. Скворцов [и др.]. – М.: Недра, 1986. – 325 с.

41. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000, 1:500 / ГУГК. – М.: Недра, 1989. – 286 с.

42. Условные знаки для топографической карты масштаба 1:10 000 / ГУГК. – М.: Недра, 1977. – 143 с.

43. Условные обозначения для крупномасштабных почвенных карт. – М.: Недра, 1974. – 47 с.

44. Уставич, Г.А. Геодезия: учебник. Кн. 1 / Г.А. Уставич. – Новосибирск: СГГА, 2012. – 352 с.

45. Уставич, Г.А. Геодезия: учебник. Кн. 2 / Г.А. Уставич. – Новосибирск: СГГА, 2014. – 536 с.

46. Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» от 27 апреля 1993 г. № 4871-1. М., 1993.

47. Федотов, Г.А. Инженерная геодезия: учебник для студентов вузов / Г.А. Федотов. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 479 с.

48. Фельдман В.Д. Основы инженерной геодезии: учебник / В.Д. Фельдман, Д.Ш. Михелев. – М.: Высшая школа, 2001. – 314 с.

49. Фокина, Л.А. Картография с основами топографии: учебное пособие для вузов / Л.А. Фокина. – М.: Гуманитарный издательский Центр «ВЛАДОС», 2005. – 335 с.

50. Ходоров, С.Н. Геодезия – это очень просто. Введение в специальность / С.Н. Ходоров. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. – 176 с.

51. Хохановская, В.И. Пособие по дешифрированию аэрокосмических снимков и таблицы условных знаков для целей создания планов и карт / В.И. Хохановская; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2009. – 163 с.

52. Чекалин, С.И. Основы картографии, топографии и инженерной геодезии: учебное пособие для вузов / С.И. Чекалин. – М.: Академический Проект, 2009. – 393 с.

53. Чурилова, Е.А. Картография с основами топографии. Практикум: учебное пособие для вузов / Е.А. Чурилова, Н.Н. Колосова. – М.: Дрофа, 2004. – 128 с.

54. Шумаев, К.Н. Геодезия. Изучение масштабов планов и карт: методические указания к выполнению расчётно-графической работы / К.Н. Шумаев, А.Я. Сафонов, Ю.В. Горбунова; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2015. – 34 с.

55. Шумаев, К.Н. Краткий топографо-геодезический справочник землеустроителя: учебное пособие / К.Н. Шумаев; Краснояр. гос. аграр. ун-т.– Красноярск, 2002. – 110 с.

56. Шумаев, К.Н. Геодезия. Курс лекций: учебное пособие / К.Н. Шумаев, А.Я. Сафонов. – Красноярск: Гротеск, 2004. – 80 с.

57. Шумаев, К.Н. Геодезия. Охрана труда при ведении топографо-геодезических работ: методические указания к выполнению полевых и камеральных работ / К.Н. Шумаев, А.Я. Сафонов, Т.Т. Миллер, Ю.В. Горбунова; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2017. – 55 с.

58. Шумаев, К.Н. Геодезия. Разграфка и номенклатура топографических карт и планов: методические указания к выполнению расчётно-графической работы / К.Н. Шумаев, А.Я. Сафонов, Ю.В. Горбунова; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2015. – 60 с.

59. Шумаев, К.Н. Геодезия. Решение задач по карте: методические указания к выполнению расчётно-графической работы / К.Н. Шумаев, А.Я. Сафонов, Ю.В. Горбунова; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2015. – 52 с.

60. Шумаев, К.Н. Геодезия: справочное пособие / К.Н. Шумаев, А.Я. Сафонов; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2006. – 152 с.

61. Шумаев, К.Н. Топографо-геодезические инструменты уходящей эпохи: учебное пособие / К.Н. Шумаев, А.Я. Сафонов, Ф.Н. Мойсеёнок; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2005. – 164 с.

62. Шумаев, К.Н. Геодезия. Топографо-геодезические работы в землеустройстве: учебное пособие / К.Н. Шумаев, А.Я. Сафонов; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2007. – 180 с.

63. Шумаев, К.Н. Картография. Основы геометризации пространства: учебное пособие / К.Н. Шумаев, А.Я. Сафонов; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2012. – 308 с.

64. Южанининов, В.С. Картография с основами топографии / В.С. Южанининов. – М.: Высшая школа, 2005. – 302с.
65. Ямбаев, Х.К. Инженерно-геодезические инструменты и системы: учебное пособие для студентов вузов / Х.К. Ямбаев. – М.: МИИГАиК, 2012. – 461 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Форма написания и произношения букв греческого алфавита, используемых в расчётных формулах

Написание	Произношение	Написание	Произношение
$A\alpha$	альфа	$N\nu$	ню (ни)
$B\beta$	бета	$\Xi\xi$	кси
$\Gamma\gamma$	гамма	Oo	омикрон
$\Delta\delta$	дельта	$\Pi\pi$	пи
$E\varepsilon$	эпсилон	$\rho\rho$	ро
$Z\zeta$	дзета	$\Sigma\sigma$	сигма
$\eta\eta$	эта	$T\tau$	тау
$\Theta\theta$	тета	$\Upsilon\upsilon$	ипсилон (юпсилон)
$I\iota$	иота	$\Phi\phi$	фи
$K\kappa$	каппа	$\chi\chi$	хи
$\Lambda\lambda$	лямбда (лямбда)	$\Psi\psi$	пси
$M\mu$	мю (ми)	$\Omega\omega$	омега

Примечание. В текстовом редакторе и в редакторе формул начертания букв немного отличаются.

**Форма написания и произношения букв латинского алфавита,
используемых в расчётных формулах**

Написание		Произношение	Написание		Произношение
Aa	<i>Aa</i>	а	Nn	<i>Nn</i>	эн
Bb	<i>Bb</i>	бе	Oo	<i>Oo</i>	о
Cc	<i>Cc</i>	це	Pp	<i>Pp</i>	пе
Dd	<i>Dd</i>	де	Qq	<i>Qq</i>	ку (кю)
Ee	<i>Ee</i>	е(э)	Rr	<i>Rr</i>	эр
Ff	<i>Ff</i>	эф	Ss	<i>Ss</i>	эс
Gg	<i>Gg</i>	джи	Tt	<i>Tt</i>	тэ
Hh	<i>Hh</i>	аш	Uu	<i>Uu</i>	у
Ii	<i>Ii</i>	и	Vv	<i>Vv</i>	ве
Jj	<i>Jj</i>	йот	Ww	<i>Ww</i>	дубль-ве
Kk	<i>Kk</i>	ка	Xx	<i>Xx</i>	икс
Ll	<i>Ll</i>	эль	Yy	<i>Yy</i>	игрек
Mm	<i>Mm</i>	эм	Zz	<i>Zz</i>	зет (зета)

Примечание. В текстовом редакторе и в редакторе формул начертания букв немного отличаются.

**Постоянные математические величины,
используемые в геодезических расчётах**

$$\pi = 3.14159$$

$$\pi^2 = 9.86960$$

$$\sqrt{\pi} = 1.77245$$

$$Lg \pi = 0.49715$$

$$e = 2.71828$$

$$lg e = 0.43429$$

$$M = 0.43429$$

$$lg M = 9.63779$$

$$\rho^\circ = 360^\circ / 2 \pi = 57.2958^\circ$$

$$\rho' = 360^\circ \cdot 60' / 2 \pi = 3\,437.75'$$

$$\rho'' = 360^\circ \cdot 60' \cdot 60'' / 2 \pi = 206\,265''$$

$$\sin 1' = 1 / \rho' = 1 / 3\,437.75'$$

$$\sin 1'' = 1 / \rho'' = 1 / 206\,265''$$

**Пример машинописного оформления титульного листа
расчётно-графической работы**

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
**КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

КАФЕДРА ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ

ЗАДАНИЕ 2

ПО ГЕОДЕЗИИ

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЕ

Проверил
к.т.н., доцент

К.Н. Шумаев

Выполнил
ст-т ИЗКиП – 3-33-20о

Д.А. Донской

Красноярск 2020

ГЕОДЕЗИЯ

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТОПОГРАФИЧЕСКИМ КАРТАМ И ПЛАНАМ

*Методические указания
к выполнению расчётно-графической работы*

*Шумяев Константин Николаевич
Сафонов Александр Яковлевич
Горбунова Юлия Викторовна*

Электронное издание

Редактор В. И. Тонкая

Подписано в свет 18.03.2020. Регистрационный номер 5
Редакционно-издательский центр Красноярского государственного аграрного университета
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117
e-mail: rio@kgau.ru