

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Разработка, эксплуатация нефтяных
месторождений и транспорт нефти»

О. К. Абрамович

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ДЕЛО И ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ НЕДР

ПРАКТИКУМ

**по одноименной дисциплине
для студентов специальности 1-51 02 02
«Разработка и эксплуатация нефтяных
и газовых месторождений»
дневной и заочной форм обучения**

Электронный аналог печатного издания

Гомель 2019

УДК 622.1+550.8(075.8)
ББК 33.12я73
А16

*Рекомендовано кафедрой «Разработка, эксплуатация
нефтяных месторождений и транспорт нефти» ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 10 от 24.03.2017 г.)*

Рецензент: декан геол.-геогр. факультета ГГУ им. Ф. Скорины канд. геол.-минерал.
наук, доц. *А. П. Гусев*

Абрамович, О. К.

А16 Геодезия, маркшейдерское дело и геометризация недр : практикум по одной дисциплине для студентов специальности 1-51 02 02 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» днев. и заоч. форм обучения / О. К. Абрамович. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2019. – 56 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-535-407-0.

Приведены задания из трех основных разделов дисциплины: геодезии, маркшейдерского дела, геометризации недр. Каждая последующая работа является логическим продолжением предыдущей и включает несколько задач, что способствует закреплению теоретического материала. Рассмотрены примеры решения наиболее типичных задач по геометризации недр.

Для студентов специальности 1-51 02 02 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» дневной и заочной форм обучения.

УДК 622.24(075.8)
ББК 33.131я73

ISBN 978-985-535-407-0

© Абрамович О. К., 2019
© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2019

Практическое занятие № 1

ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ ПЛАНОВ И КАРТ

Цель занятия: изучить структуру топографической карты масштаба 1 : 10000 и условные обозначения, принятые для планов и карт.

Теоретическая часть

Карты и планы классифицируют в основном по масштабам и назначению.

По масштабам карты подразделяются на мелко-, средне- и крупномасштабные. Мелкомасштабные карты мельче 1 : 1000000 – это карты обзорного характера и в геодезии практически не применяются; среднемасштабные (обзорно-топографические) карты масштабов 1 : 1000000, 1 : 500000, 1 : 300000 и 1 : 200000; крупномасштабные (топографические) – масштабов 1 : 100000, 1 : 50000, 1 : 25000, 1 : 10000. Принятый в Республике Беларусь масштабный ряд заканчивается топографическими планами масштабов 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000, 1 : 500. В строительстве иногда составляют планы в масштабах 1 : 200, 1 : 100 и 1 : 50.

По назначению топографические карты и планы делятся на основные и специализированные. К основным относятся карты и планы общегосударственного картографирования. Это карты многоцелевого назначения, поэтому на них отображают все элементы местности.

Специализированные карты и планы создаются для решения конкретных задач отдельной отрасли. На них выборочно показывают ограниченный круг элементов (например, геологии, почвенных структур). К специализированным относятся и изыскательские планы, используемые только в период проектирования и строительства данного вида сооружений.

Условные знаки на планах и картах. На топографических картах и планах изображают разные объекты местности: контуры населенных пунктов, сады, огороды, озера, реки, линии дорог, электропередачи. Совокупность этих объектов называется ситуацией. Ситуацию изображают условными знаками.

Условные знаки, обязательные для всех учреждений и организаций, составляющих топографические карты и планы, устанавливаются Государственной службой геодезии и картографии Республики Бе-

ларусь «Белгеодезцентр» и издаются либо отдельно для каждого масштаба, либо для группы масштабов. Хотя число условных знаков велико (около 400), они легко запоминаются, так как внешне напоминают вид и характер изображаемых объектов.

Условные знаки подразделяют на пять групп: площадные, линейные, внемасштабные, пояснительные, специальные.

Площадные условные знаки (рис. 1.1, а) применяют для заполнения площадей объектов (например: пашни, леса, озера, луга); они состоят из знака границы объекта (точечный пунктир или тонкая сплошная линия) и заполняющих его изображений или условной окраски; например, на условном знаке 1 показан березовый лес; цифры $\frac{20}{0,18} 4$ характеризуют древостой, м: числитель – высоту; знаменатель – толщину ствола; 4 – расстояние между деревьями.

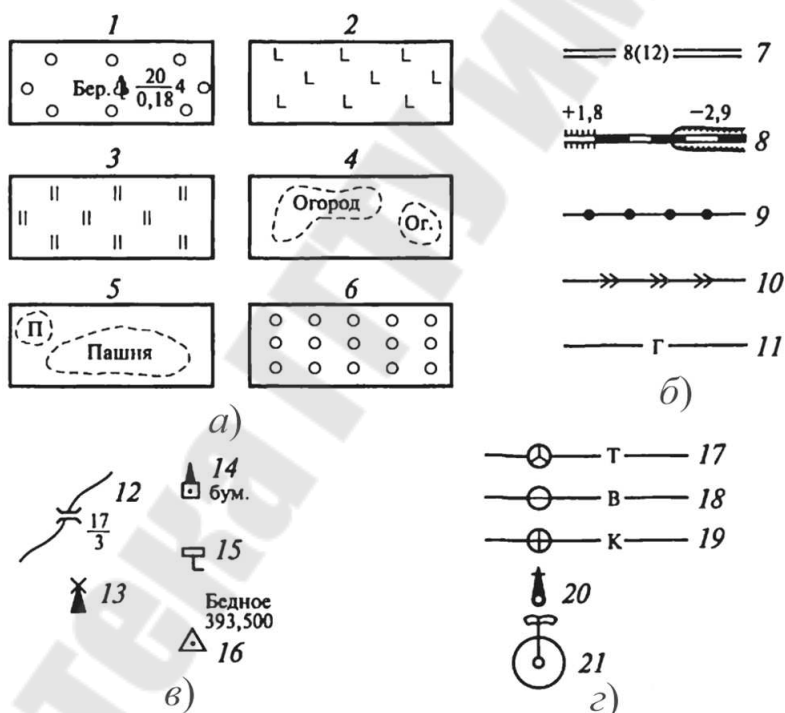


Рис. 1.1. Условные знаки: а – площадные; б – линейные; в – внемасштабные; г – специальные; 1 – березовый лес; 2 – вырубка; 3 – луг; 4 – огород; 5 – пашня; 6 – фруктовый сад; 7 – шоссе; 8 – железная дорога; 9 – линия связи; 10 – линия электропередачи; 11 – магистральный трубопровод (газ); 12 – деревянный мост; 13 – ветряная мельница; 14 – завод, фабрика; 15 – километровый столб; 16 – пункт геодезической сети; 17 – трасса; 18 – водопровод; 19 – канализация; 20 – водозаборная колонка; 21 – фонтан

Линейными условными знаками (рис. 1.1, б) показывают объекты линейного характера (дороги, реки, линии связи, электропередачи), длина которых выражена в данном масштабе. На условных изображениях приводятся различные характеристики объектов; например, на шоссе 7 показаны, м: ширина проезжей части – 8; всей дороги – 12; на железной дороге 8; м: +1,8 – высота насыпи; –2,9 – глубина выемки.

Внемасштабные условные знаки (рис. 1.1, в) служат для изображения объектов, размеры которых не отображаются в данном масштабе карты или плана (мосты, километровые столбы, колодцы, геодезические пункты).

Как правило, внемасштабные знаки определяют местоположение объектов, но по ним нельзя судить об их размерах. На знаках приводятся различные характеристики, например: длина – 17 и ширина – 3 м деревянного моста 12, отметка 393,500 пункта геодезической сети 16.

Пояснительные условные знаки представляют собой цифровые и буквенные надписи, характеризующие объекты, например: глубину и скорость течения рек, грузоподъемность и ширину мостов, породу леса, среднюю высоту и толщину деревьев, ширину шоссе дорог. Их проставляют на основных площадных, линейных, внемасштабных знаках.

Специальные условные знаки (рис. 1.1, г) устанавливают соответствующие ведомства отраслей народного хозяйства; их применяют для составления специализированных карт и планов этой отрасли, например, знаки для маркшейдерских планов нефтегазовых месторождений – нефтепромысловые сооружения и установки, скважины, промысловые трубопроводы.

Чтобы придать карте или плану большую наглядность, для изображения различных элементов используют цвета: для рек, озер, каналов, заболоченных участков – синий; лесов и садов – зеленый; шоссе дорог – красный; улучшенных грунтовых дорог – оранжевый.

Все остальное дают черным цветом. На изыскательских планах цветными делают подземные коммуникации (трубопроводы, кабели).

Практическая часть

1. Составить структурную схему карты масштаба 1 : 10000 с указанием ее элементов и их назначения, используя рис. 1.2 в качестве формы для заполнения.

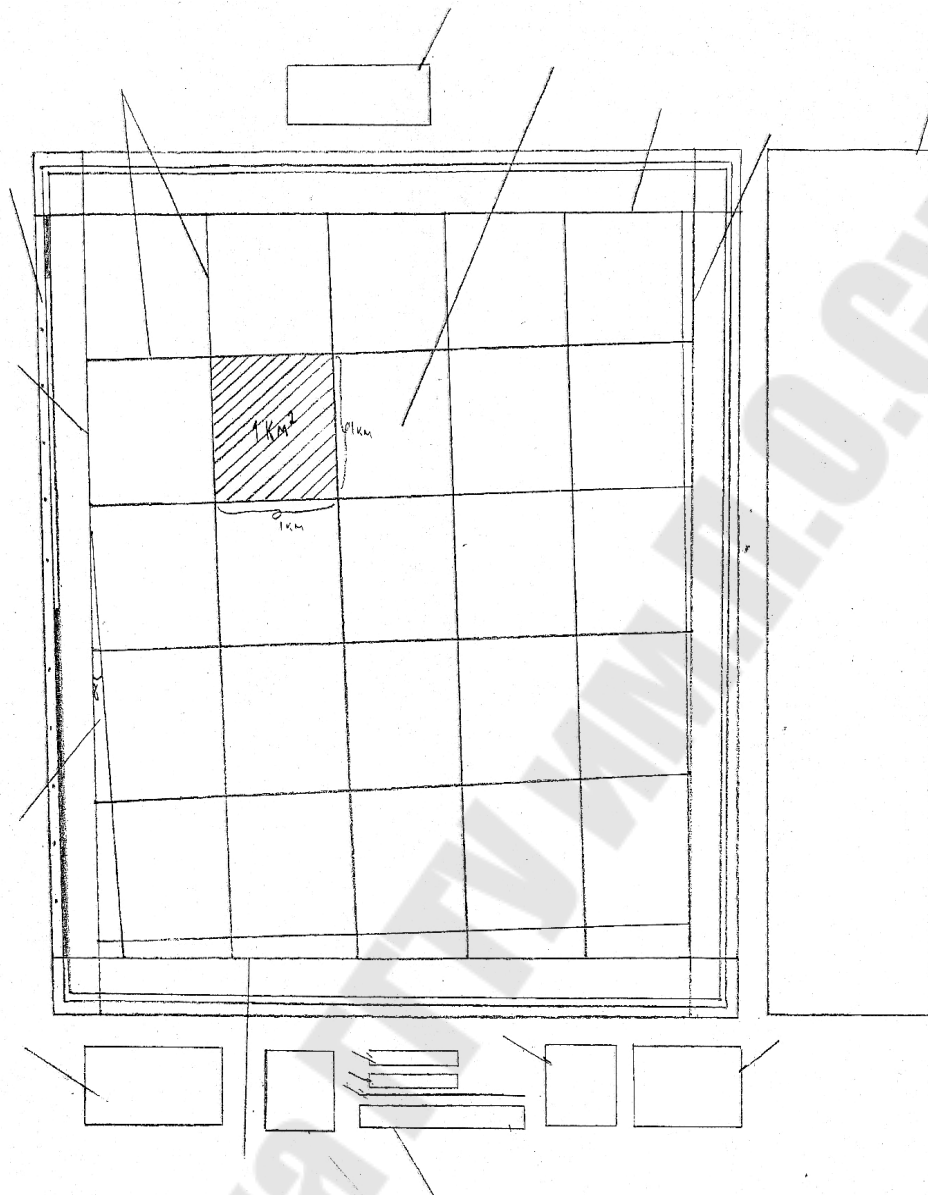


Рис. 1.2. Топографическая карта масштаба 1 : 10000

2. Сгруппировать условные обозначения для карты масштаба 1 : 10000 по следующей классификации:

- 2.1. Внемасштабные знаки.
- 2.2. Площадные знаки.
- 2.3. Линейные знаки.
- 2.4. Линейные знаки в сочетании с внемасштабными.
- 2.5. Площадные знаки в сочетании с линейными.
- 2.6. Пояснительные знаки.
- 2.7. Внемасштабные знаки в сочетании с пояснительными знаками.

- 2.8. Линейные знаки в сочетании с пояснительными знаками.
- 2.9. Площадные знаки в сочетании с пояснительными знаками.
- 2.10. Площадные знаки в сочетании с линейными и пояснительными знаками.

2.11. Линейные знаки в сочетании с немасштабными и пояснительными знаками.

3. Вычертить фрагмент топографической карты в масштабах 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000 по вариантам. Размеры знаков для указанных масштабов соблюдать. Предварительно составить легенду с указанием размеров знаков. Возможен чертежный или компьютерный варианты. Выполнение проводится на плотных чертежных листах А4. Использовать рис. 1.3, 1.4 в качестве формы для заполнения.

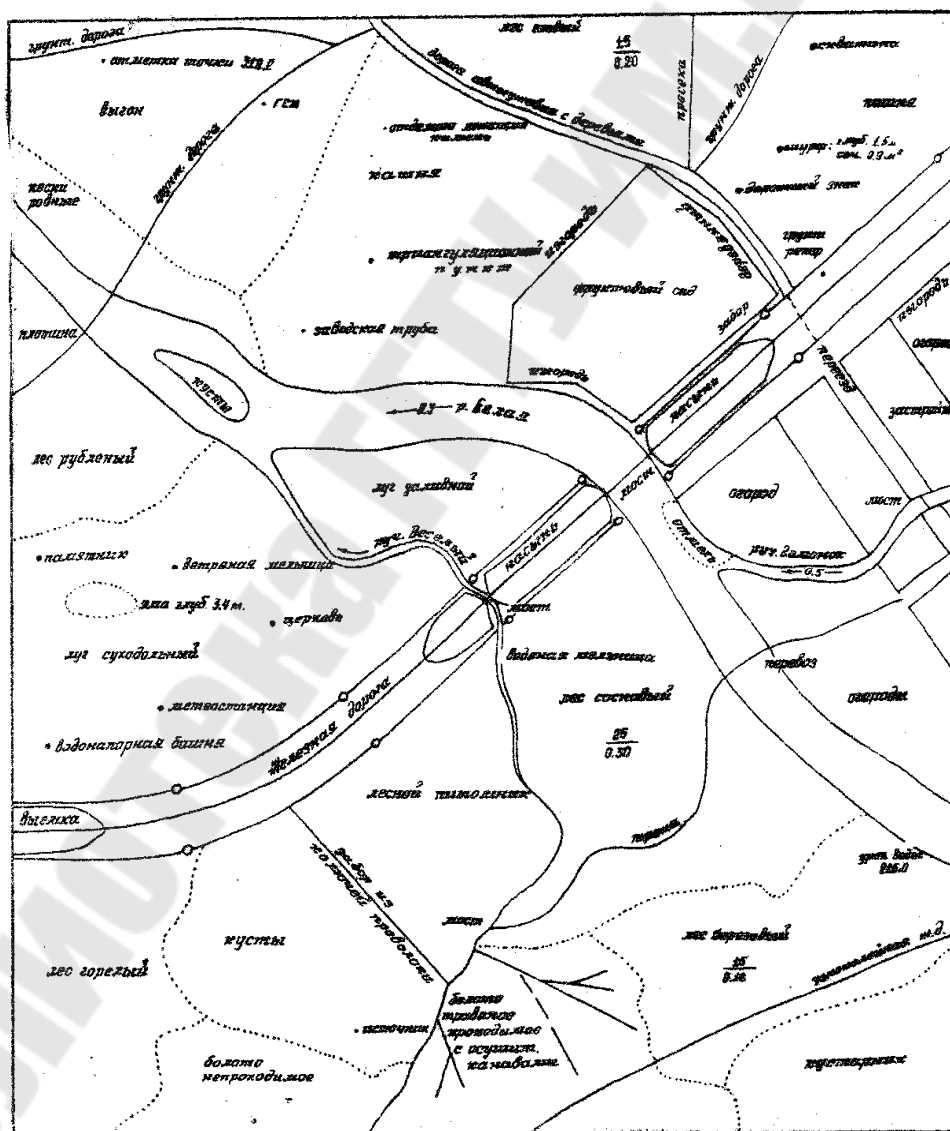


Рис. 1.3. Топографическая карта условного масштаба

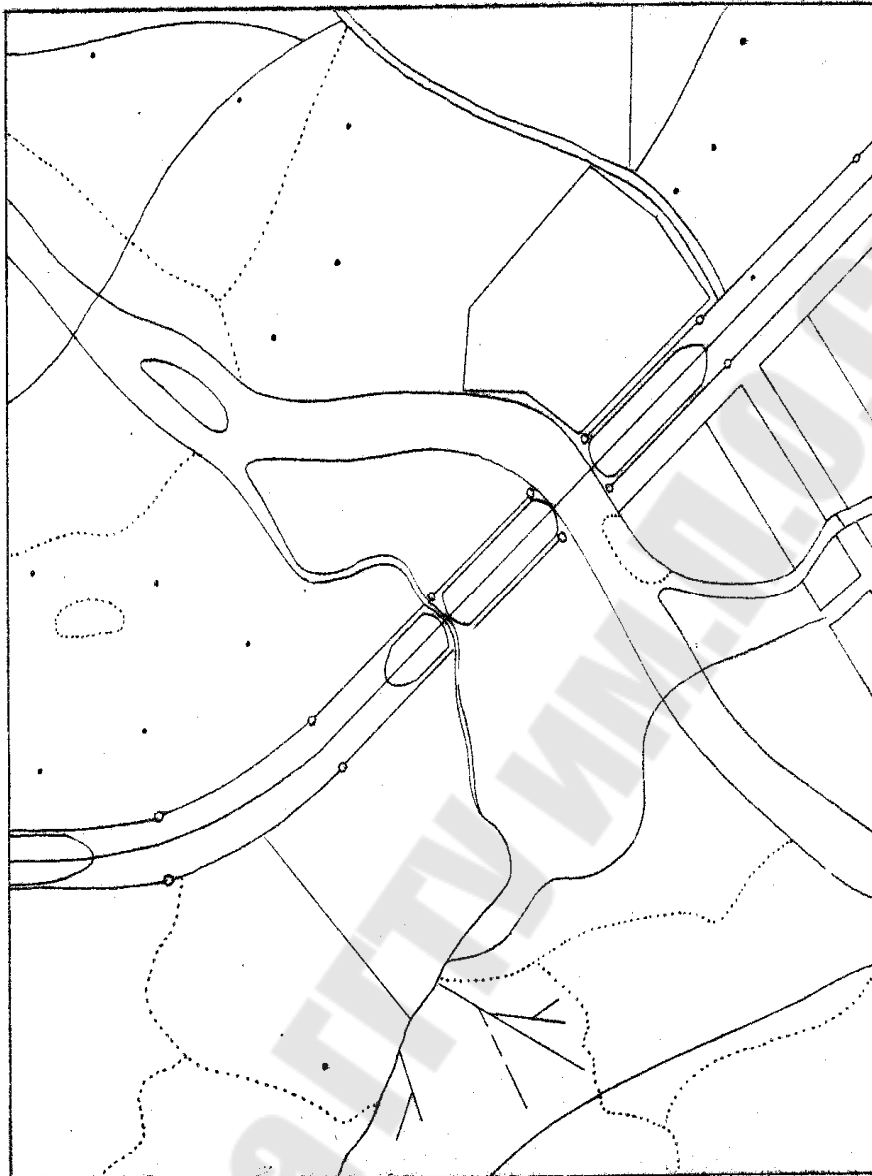


Рис. 1.4. Топографическая карта условного масштаба

Пояснение к выполнению задания

Показать на структурной схеме карты ее элементы:

- математическую основу;
- вспомогательное оснащение;
- картографическое изображение;
- дополнительные данные.

Перечисленные элементы подразделяются, в свою очередь, также на ряд элементов:

- 1) номенклатуру, которая определяет место нашей карты в общей системе карт;

- 2) картографическое изображение, несущее основную нагрузку карты;
- 3) линии координатной километровой сетки, служащие для определения прямоугольных координат и измерения углов ориентирования;
- 4) параллели, ограничивающие картографическое изображение с юга и с севера;
- 5) меридианы, ограничивающие картографическое изображение с запада и с востока;
- 6) угол сближения меридианов – т. е. угол между истинным и осевым меридианом;
- 7) минутную рамку, служащую для определения географических координат;
- 8) легенду, т. е. систему условных обозначений, облегчающую чтение карты;
- 9) текстовые данные о начальных направлениях для установления связи углов ориентирования;
- 10) схему взаимного расположения начальных меридианов: истинного, магнитного и осевого;
- 11) численный масштаб;
- 12) именованный масштаб;
- 13) линейный масштаб;
- 14) сведения о высоте сечения рельефа и принятой на карте системе высот;
- 15) график заложений для определения крутизны склонов;
- 16) выходные данные карты, предоставляющие сведения о дате издания и организации, издавшей карту.

Вопросы для самоконтроля

1. Знание назначения каждого элемента карты и его расположение на листе.
2. Классификация условных знаков и определение каждой группы.
3. Чтение карты без обращения к легенде.

Практическое занятие № 2

ИЗМЕРЕНИЕ ПО ТОПОКАРТАМ РАССТОЯНИЙ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ И УГЛОВ ОРИЕНТИРОВАНИЯ

Цель занятия: научиться решать по топографическим картам простейшие задачи.

Теоретическая часть

Измерение длин линий

На топографической карте можно непосредственно, учитывая масштаб, измерить длину горизонтальных положений. Для получения расстояний необходимо учесть угол наклона местности.

Используют следующие виды масштабов: численный, линейный и поперечный.

Масштаб, выраженный дробью с числителем, равным единице, называется численным масштабом, например, 1 : 500, 1 : 2000 и др.

Знаменатель дроби показывает, во сколько раз действительные длины горизонтальных проекций линий местности уменьшены при изображении их на карте. Чем больше знаменатель численного масштаба, тем мельче считается масштаб, и наоборот. Например, масштаб карты 1 : 25000 в 2,5 раза мельче, чем масштаб карты 1 : 10000.

Если на карте масштаба 1 : М длина линии равна β , то длина горизонтального проложения этой линии на местности будет равна:

$$S = \beta M.$$

Для удобства практического пользования строят линейный или поперечный масштаб. Линейный масштаб (рис. 2.1) представляет собой прямую линию, на которой отложены равные отрезки, называемые основанием масштаба.

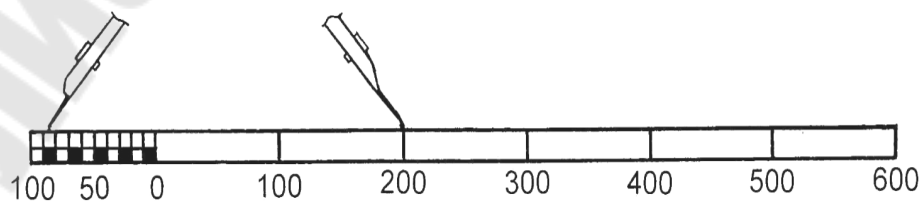


Рис. 2.1. Линейный масштаб 1 : 5000

Масштабы, в основании которых принято 2 см, называются нормальными. Первое основание делится на десять равных частей, каждая – еще пополам.

На рис. 2.1 измеренное расстояние равно 285 м. При работе с картой (планом) возникает необходимость в понятии точности масштаба карты (плана). Известно, что невооруженный глаз человека может различать на бумаге отрезок длиной не менее 0,1 мм. Длина отрезка местности, соответствующая этому отрезку карты, называется точностью масштаба карты. Так, точность масштабов карт 1 : 10000, 1 : 5000, 1 : 100000, соответственно, равна 1 м; 0,5 м; 10 м. Точность масштаба является определяющим фактором при выборе масштаба съемки, если известны минимальные размеры предметов, подлежащих изображению на карте.

Более точно измерения длин линий по карте или плану можно выполнить с помощью поперечного масштаба.

На рис. 2.2 показан нормальный поперечный масштаб.

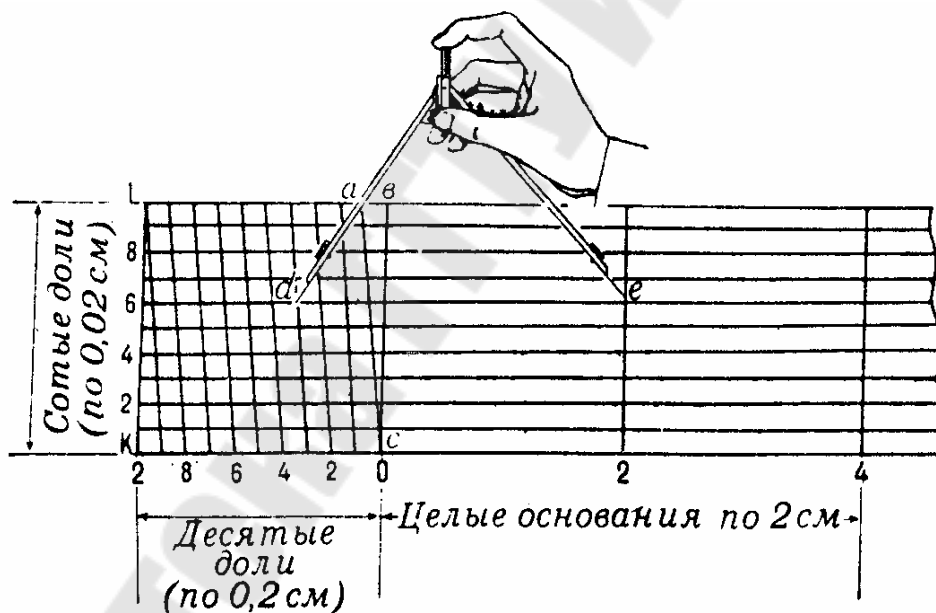


Рис. 2.2. Нормальный поперечный масштаб

Проведено 3 основания по 2 см. В каждой точке восстановлены перпендикуляры длиной 2 см. На крайних перпендикулярах отложено по 10 равных отрезков, через концы которых проведены линии, параллельные основаниям. Верхняя ($L-b$) и нижняя ($K-c$) линии первого основания делятся на 10 равных частей (по 2 мм). Точка a соединяется с c , затем параллельно линии $a-c$ проводятся другие трансверсали.

Половина наименьшего деления ($a-b$) поперечного масштаба, равная 0,01 см, соответствует точности масштаба. По поперечному масштабу можно инструментально откладывать (измерять) расстояния с графической точностью масштаба карт.

Длина ломаной линии измеряется путем постепенного спрямления ее (рис. 2.3).

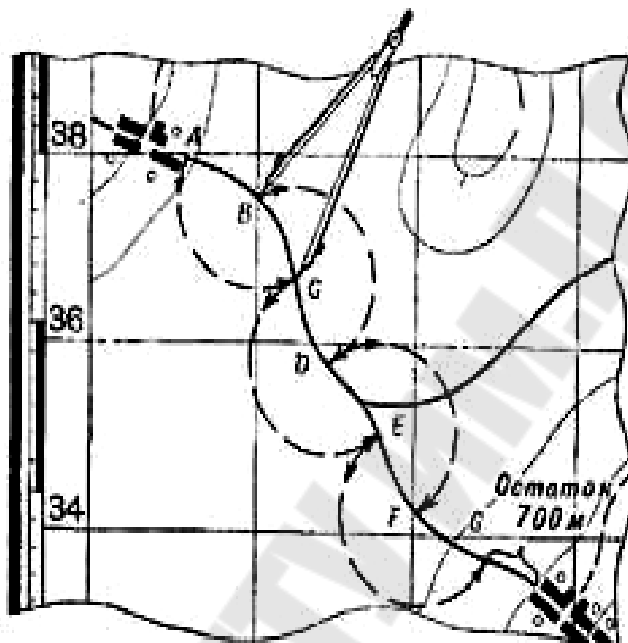


Рис. 2.3. Измерение ломаной линии ($a-b-c-d$) методом спрямления

Длину извилистой линии можно получить последовательным откладыванием на ней циркулем отрезка длиной 2–4 мм (рис. 2.4). Величина отрезка зависит от извилистости измеряемой линии.

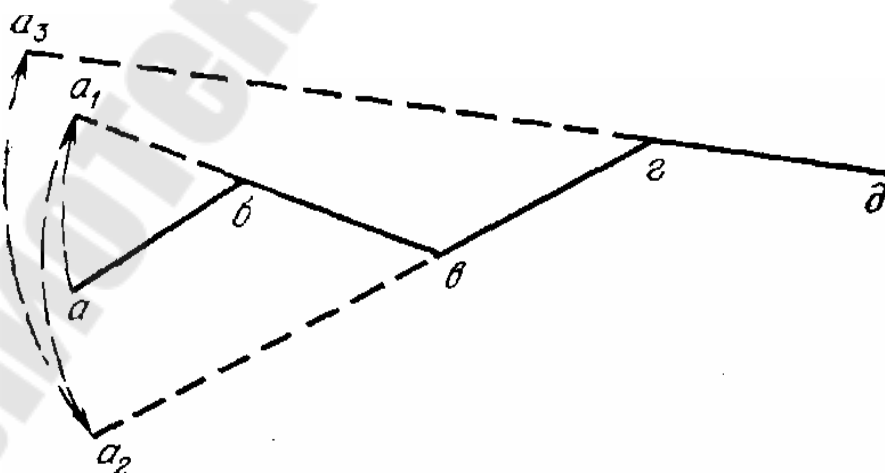


Рис. 2.4. Измерение извилистой линии раствором циркуля

Определение прямоугольных и географических координат

Положение любой точки земной поверхности определяется однозначно, если известны ее координаты и высота. В геодезии применяются астрономические, геодезические и прямоугольные координаты. При решении ряда инженерных задач допустимо не учитывать уклонение отвесных линий, т. е. угол несоответствия нормали и отвесной линии, при этом не различают астрономические и геодезические координаты и называют их географическими. Для определения географических координат φ , λ используется рамка с минутными делениями. Счет широт идет от экватора ($\varphi = 0$) к полюсу ($\varphi = 90^\circ$). Широты бывают южные и северные. Северные – положительные, южные – отрицательные. Счет долгот идет от Гринвичского меридиана ($\lambda = 0$) на восток до ($\lambda = 180^\circ$) и на запад до ($\lambda = 180^\circ$). Восточные широты – положительные, западные – отрицательные.

Внутренняя рамка топографической карты образована выпрямленными дугами меридианов и параллелей. В углах этой рамки подписаны географические координаты. Минутная рамка разделена на отрезки (черного и белого цветов), соответствующие 1 мин ($1'$) широты или долготы. Точками каждый отрезок в $1'$ разделен на 6 частей по 10 с ($10''$) каждая. Минутная рамка для отсчета широт расположена вертикально, а для отсчета долгот – горизонтально.

Для определения географических координат точки необходимо провести перпендикуляры к линиям минутной рамки. Широта точки будет складываться из широты южной рамки листа карты, количества минут, отсчитанных до ближайшей южной параллели и приращения от параллели до точки (в секундах). Аналогично долгота точки будет равна сумме долготы западной рамки листа, количества минут и секунд (рис. 2.5).

Прямоугольными координатами называются линейные величины, определяющие относительное положение точек на плоскости: абсцисса x ($x = 0$ на экваторе) – расстояние в метрах от экватора до данной точки; ордината y ($y = 500$ км на пересечении осевого меридиана зоны и экватора) – расстояние до точки от осевого меридиана. Для определения прямоугольных координат и нанесения точек по заданным координатам на топографических картах имеется координатная (километровая) сетка.



Рис. 2.5. Определение географических координат

Вертикальные линии сетки параллельны осевому меридиану зоны, а горизонтальные – экватору. Полная подпись абсцисс и ординат этих линий дается вблизи углов карты ($^{60}66$; $^{43}12$), остальные подписываются сокращенно двумя последними цифрами (67; 13 и т. д.). Прямоугольные координаты определяют с помощью поперечного масштаба и циркуля-измерителя (рис. 2.6).

Чтобы определить абсциссу точки, необходимо измерить кратчайшее расстояние (по перпендикуляру) в метрах от точки до южной координатной линии и прибавить к значению координатной линии, выраженной в километрах. Для определения ординаты точки измеряют расстояние в метрах по перпендикуляру от точки до западной координатной линии и прибавляют к полному значению ординаты, выраженной в километрах.

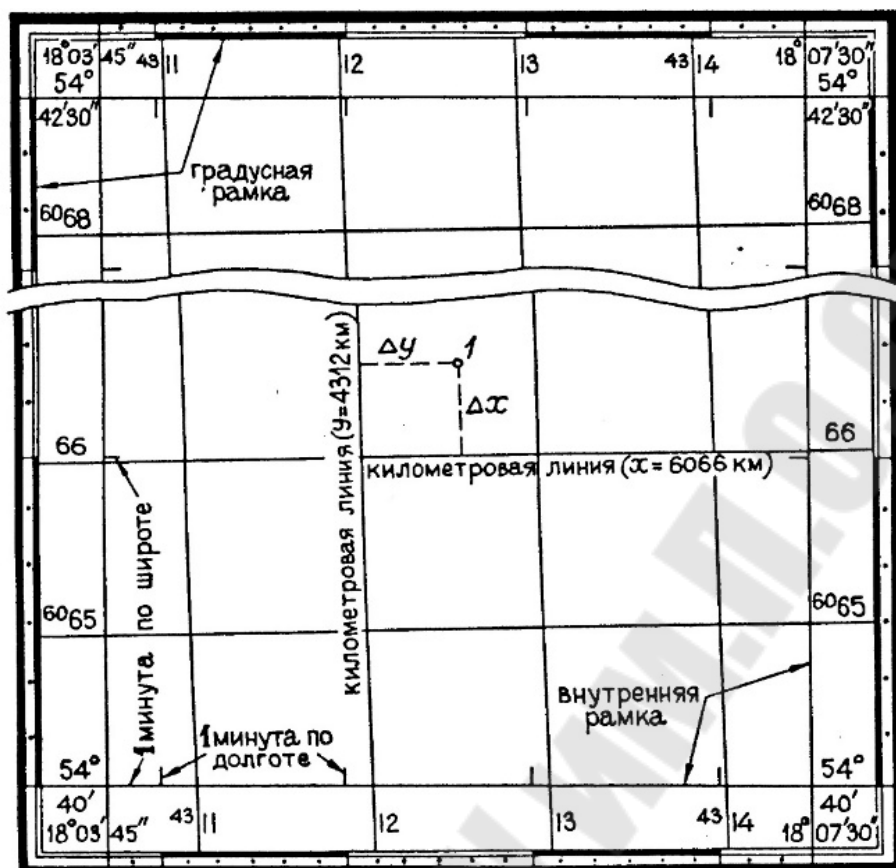


Рис. 2.6. Определение прямоугольных координат

Определение дирекционных углов и румбов

Дирекционным углом α называется угол, отсчитываемый от северного направления осевого меридиана (вертикальной линии километровой сетки) по ходу часовой стрелки до заданного направления, причем $\alpha_{обр} = \alpha_{пр} \pm 180^\circ$. Дирекционный угол измеряется транспортиром (рис. 2.7).

Румб (r) – это острый угол, отсчитываемый от ближайшего направления осевого меридиана по ходу или против хода часовой стрелки до заданного направления. Его можно вычислить через дирекционный угол (рис. 2.8).

Для контроля румбы и дирекционные углы вычисляются по формулам:

$$\operatorname{tgr}(AB) = \frac{\Delta y}{\Delta x} \Rightarrow r(AB) = \operatorname{arctg} \frac{\Delta y}{\Delta x},$$

где Δx и Δy – разница прямоугольных координат между точками.

Затем по знакам Δx и Δy определяется номер четверти и по соответствующей формуле вычисляется значение α (рис. 2.7).

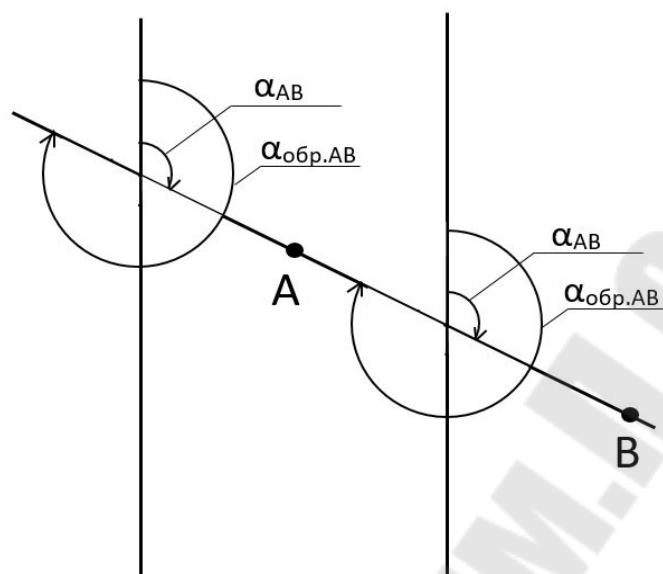


Рис. 2.7. Определение дирекционных углов

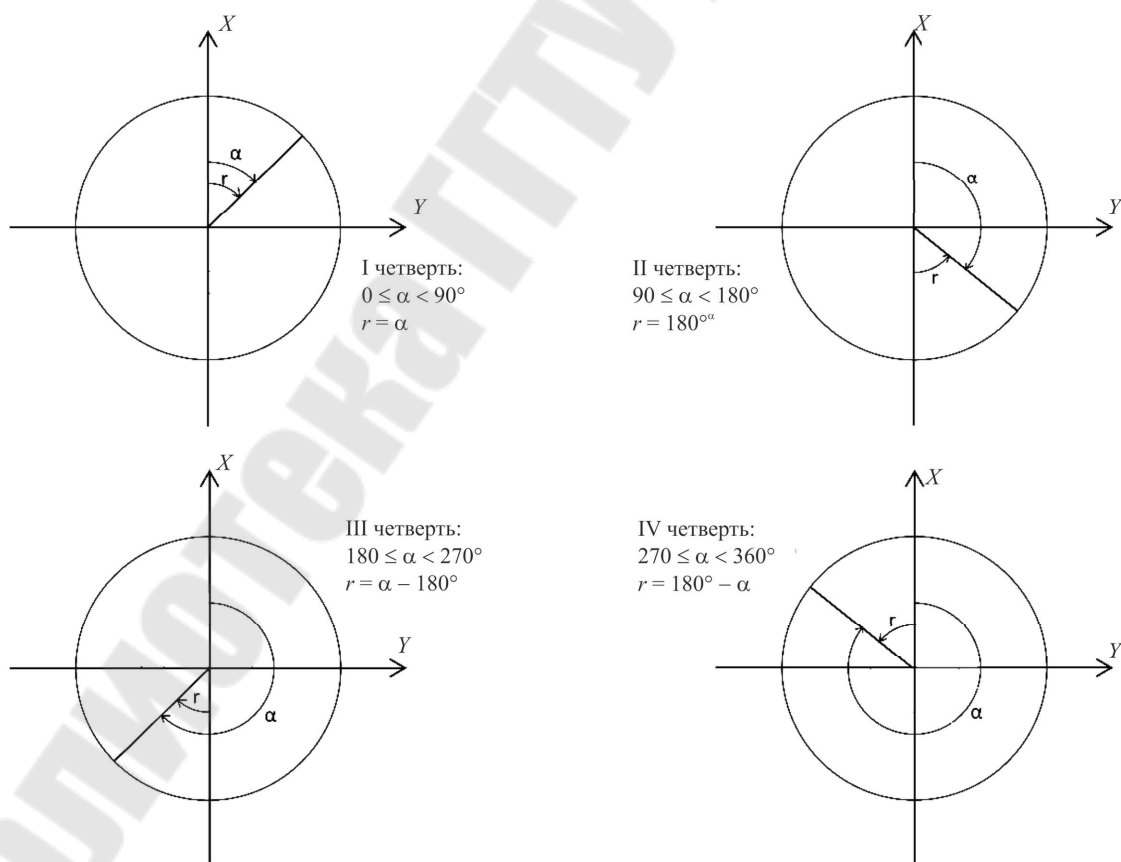


Рис. 2.8. Вычисление румбов

Определение истинных и магнитных азимутов

Истинным (географическим) азимутом ($A_{и}$) называется угол, отсчитываемый от северного направления истинного (географического) меридиана по ходу часовой стрелки до заданного направления.

Для непосредственного измерения истинного азимута линии через ее начальную точку проводят линию, параллельную линии географического меридиана, и измеряют азимут транспортиром (аналогично дирекционному углу).

Если известны дирекционный угол данного направления и сближение меридианов (сближение меридианов берут с вспомогательного чертежа, помещенного за южной рамкой карты), то можно определить истинный азимут.

Магнитный азимут ($A_{м}$) определяется аналогично истинному азимуту и дирекционному углу, только за начальное направление берется направление магнитного меридиана.

Практическая часть

1. На местности измеренное расстояние $(875 + N)$ м; $(261 + N)$ м; 1 км $(93 + N)$ м, где N – номер варианта. Какой длины эти отрезки расстояний будут на картах масштабов $1 : 25000$, $1 : 50000$, $1 : 200000$? Ответ оформить в виде таблицы.

2. На карте масштаба $1 : 25000$ измерено расстояние AB , равное $6,2 + N,0$ мм. Какому расстоянию на местности оно соответствует?

3. Измеренное на карте масштаба $1 : 20000$ расстояние от подошвы до вершины горы равно $1,94 + N,00$ см. Крутизна склона $\nu = 30^\circ$. Вычислить, чему равно расстояние от подошвы до вершины на местности.

4. На карте масштаба $1 : 25000$ участок местности занимает площадь в $(4 + N)$ см². Во сколько раз меньше будет его изображение на карте масштаба $1 : 50000$, $1 : 100000$? Ответ оформить в виде таблицы.

5. Какой численный масштаб имеют карты, на которых в 2 см – 1 км, в 2,5 см – 5 км, в 4 см – 1 км?

6. Составить таблицу зависимости длины основания поперечного масштаба от масштабов карт: $1 : 10000$, $1 : 25000$, $1 : 50000$, $1 : 100000$.

7. Какова предельная точность масштабов карт: $1 : 25000$, $1 : 2000$, $1 : 50000$, $1 : 36000$? Ответ оформить в виде таблицы.

8. Определить с помощью нормального поперечного масштаба расстояние на местности, соответствующее отрезку AB на карте масштаба $1 : 10000$.

9. Определить длину реки по топографической карте масштаба 1 : 10000.

10. Определить длину ломаной линии, состоящей из 5 отрезков, построенной в масштабе 1 : 25000.

11. Построить на чертежной бумаге поперечный масштаб для масштаба 1 : 10000. Определить длину основания и наименьшего деления. Выполнение пп. 8–11 пояснить схемой.

12. Определить прямоугольные координаты двух произвольно выбранных точек по карте масштаба 1 : 10000. Определить географические координаты тех же точек. Схему определения для пп. 12, 13 зарисовать в тетради.

13. Нарисовать 6 возможных случаев взаимного расположения направлений истинного, магнитного, осевого меридианов; показать все возможные углы ориентирования; записать связь между ними.

14. Найти на топографической карте два таких направления, чтобы их дирекционные углы оказались в разных четвертях. Измерить дирекционные углы, найти дирекционные углы обратных направлений, румбы и магнитные азимуты прямых и обратных направлений.

Вопросы для самоконтроля

1. Определение географических и прямоугольных координат.
2. Определение длин линий.
3. Определение углов ориентирования.

Практическое занятие № 3

РАЗГРАФКА И НОМЕНКЛАТУРА ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ И ПЛАНОВ

Цель занятия: изучение системы разграфки и номенклатуры топокарт, уяснение связи и зависимости номенклатуры топокарт с масштабами и координатами рамок листов карт.

Теоретическая часть

Классификация, назначение, разграфка и номенклатура топографических карт. Топографическими называются такие карты, полнота содержания которых и точность позволяют решать по ним задачи инженерного, научного и оборонного значения. Карты либо являются результатом непосредственной съемки местности, либо составляются по имеющимся картографическим материалам. Деление многолистной карты на отдельные листы по определенной системе называется разграфкой карты, а обозначение листа многолистной карты – номенклатурой. В картографической практике применяются следующие системы разграфки карт:

- по линиям картографической сетки меридианов и параллелей;
- по линиям прямоугольной координатной сетки;
- по вспомогательным линиям, параллельным среднему меридиану карты и линии, ему перпендикулярной, и т. п.

Наибольшее распространение в картографии получила разграфка карт по линиям меридианов и параллелей, поскольку в этом случае положение каждого листа карты на земной поверхности точно определено значениями географических координат углов рамки и положением ее линий. Такая система является универсальной, удобной для изображения любых территорий Земного шара, кроме полярных областей. Она применяется в России, США, Франции, Германии и многих других странах мира (рис. 3.1).

Основой разграфки и номенклатуры листов карты масштаба 1 : 500000 и крупнее являются международная разграфка и номенклатура листов карты масштаба 1 : 1000000. Листы этой карты по параллелям образуют пояса, каждый – по 4° широты, а по меридианам – колонны, каждая – по 6° долготы. Пояса обозначаются заглавными буквами латинского алфавита (от *A* до *V*), начиная от экватора к северу и югу, а колонны – арабскими цифрами (от 1 до 60) – от меридиана

180° с запада на восток (рис. 3.2). Номенклатура листа карты масштаба 1 : 1000000 состоит из буквы, обозначающей пояс, и номера колонны (например, лист карты г. Москва обозначается N-37). Схема листов карты масштаба 1 : 1000000 дана на рис. 3.1.

Лист карты 1 : 1000000 содержит 4 листа карты 1 : 500000, обозначаемых заглавными буквами А, Б, В, Г; 36 листов карты 1 : 200000, обозначаемых от I до XXXVI; 144 листа карты 1 : 100000, обозначаемых от 1 до 144.

Лист карты 1 : 100000 содержит 4 листа карты 1 : 50000, которые обозначаются заглавными буквами А, Б, В, Г (рис. 3.3).



Рис. 3.1. Схема листов карты масштаба 1 : 1000000

Лист карты 1 : 50000 делится на 4 листа карты 1 : 25000, которые обозначаются строчными буквами а, б, в, г, д, е (рис. 3.3).

В пределах листа карты 1 : 1000000 расстановка цифр и букв при обозначении листов карт 1 : 500000 и крупнее производится слева направо по рядам и в направлении к южному полюсу. Начальный ряд примыкает к северной рамке листа.

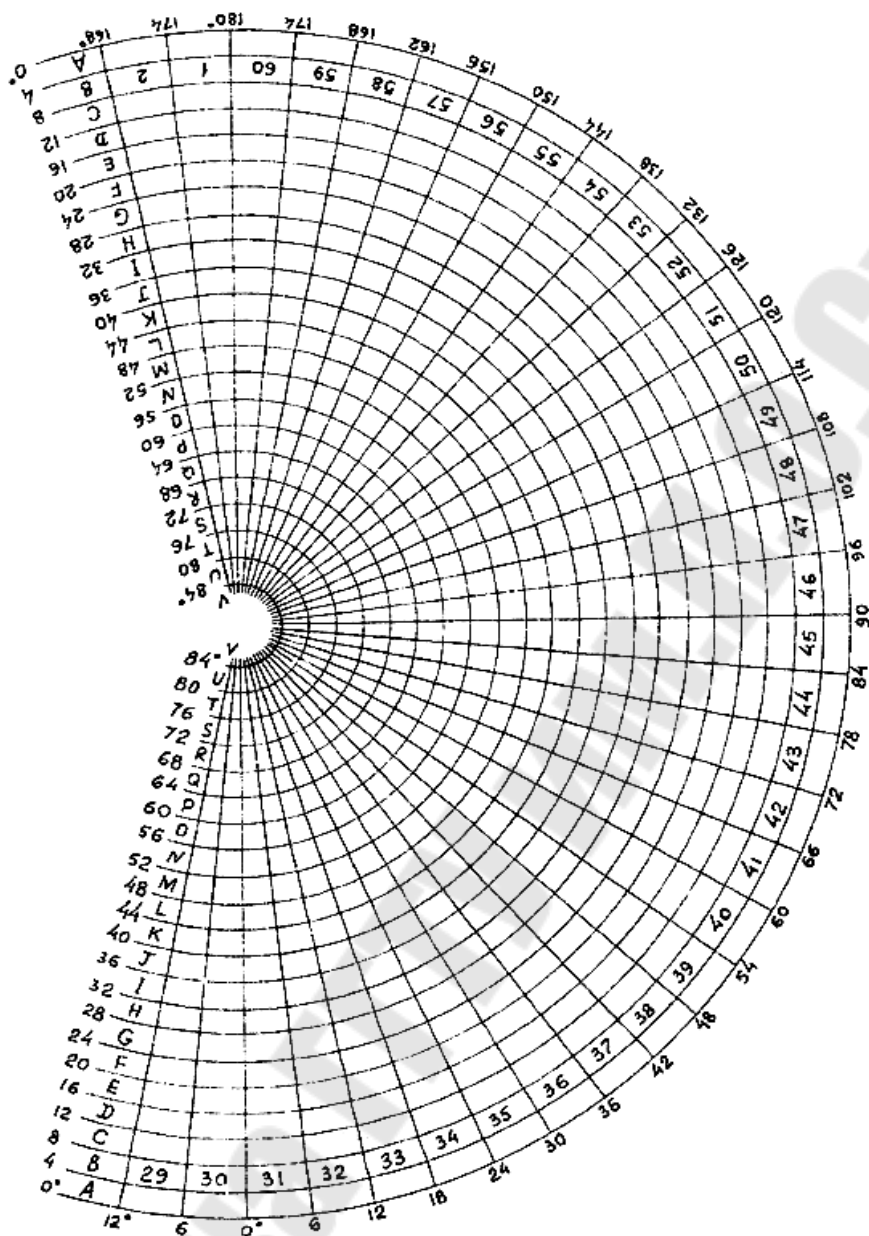


Рис. 3.2. Схема обозначения листов

Недостаток этой системы разграфки – изменение линейных размеров северной и южной рамок листов карт в зависимости от географической широты. В результате по мере удаления от экватора листы приобретают вид все более узких полос, вытянутых вдоль меридианов. Поэтому топографические карты России всех масштабов от 60 до 76° северной и южной широт издаются сдвоенными по долготе, а в пределах от 76 до 84° – счетверенными (в масштабе 1 : 200000 – строенными) по долготе листами.

Номенклатуры листов карт масштабов 1 : 500000, 1 : 200000 и 1 : 100000 слагаются из номенклатуры листа карты 1 : 1000000 с по-

следующим добавлением обозначений листов карт соответствующих масштабов. Счет поясов ведется от экватора к полюсам, а колон — от меридиана 180° с запада на восток.

Для получения карты масштаба $1 : 500000$ лист карты масштаба $1 : 1000000$ делят на 4 части, которые обозначают прописными буквами русского алфавита (рис. 3.3).

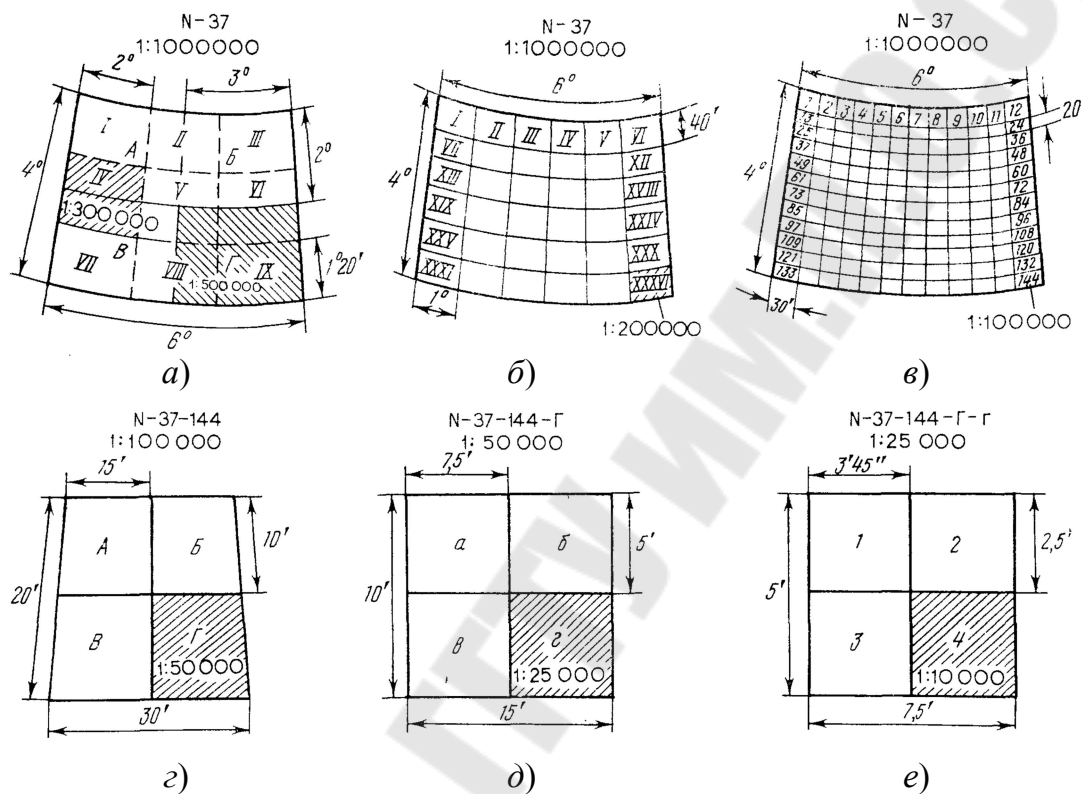


Рис. 3.3. Номенклатура карт масштабов от $1 : 200\,000$ до $1 : 10000$

Номенклатура листа карты масштаба $1 : 500000$ складывается из номенклатуры листа исходного масштаба $1 : 1000000$ с добавлением индекса листа масштаба $1 : 500000$, например, $N-37-Г$.

В одном листе карты масштаба $1 : 1000000$ содержится 9 листов карты масштаба $1 : 300000$, которые обозначаются римскими цифрами от I до IX, подписываемыми перед номенклатурой миллионного листа, например, $IX-N-37$ (рис. 3.3, а).

Если миллионный лист карты разделить на 36 частей, то каждая часть будет составлять лист карты масштаба $1 : 200000$. Каждый лист нумеруется римскими цифрами от I до XXXVI, начиная с северо-западного угла. Номенклатура листа карты масштаба $1 : 200000$ складывается из номенклатуры миллионного листа с добавлением к ней соответствующей римской цифры, например, $N-37-XXXVI$ (рис. 3.3, б).

Лист карты масштаба 1 : 100000 получается при делении листа карты масштаба 1 : 1000000 на 144 части, которые нумеруются арабскими цифрами от 1 до 144. Его номенклатура складывается из номенклатуры миллионного листа с добавлением к ней соответствующей арабской цифры, например, *N-37-144* (рис. 3.3, *в*).

Листы карт масштабов от 1 : 50000 до 1 : 10000 получают последовательным делением листа карты более мелкого предыдущего масштаба на 4 части. Так, если разделить лист карты масштаба 1 : 100000 на 4 части, обозначив каждую из них прописными буквами русского алфавита А, Б, В, Г, то получим 4 листа карты масштаба 1 : 50000. Номенклатура листа Г масштаба 1 : 50000 будет *N-37-144-Г* (рис. 3.3, *з*). Лист карты масштаба 1 : 50000 делится на 4 листа масштаба 1 : 25000, обозначаемые строчными буквами русского алфавита. Например, лист г масштаба 1 : 25000 имеет номенклатуру *N-37-144-Г-г* (рис. 3.3, *д*).

Лист карты масштаба 1 : 25000 делится на 4 листа масштаба 1 : 10000, которые обозначаются арабскими цифрами 1, 2, 3, 4. Номенклатура листа карты данного масштаба получается добавлением справа к номенклатуре листа карты масштаба 1 : 25000 соответствующей арабской цифры; например, лист 4 имеет номенклатуру *N-37-144-Г-г-4* (рис. 3.3, *е*).

Номенклатура позволяет легко отыскать не только нужный лист карты данного масштаба, но и найти его положение на земном шаре, используя географические координаты (широту и долготу) углов рамок трапеций.

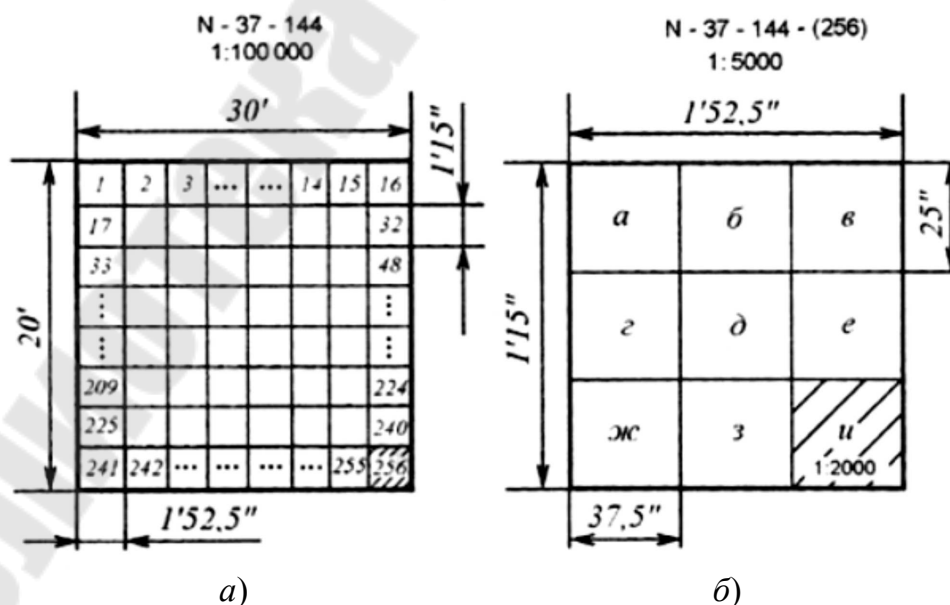


Рис. 3.4. Номенклатуры карт масштабов 1 : 5000 (*а*) и 1 : 2000 (*б*)

Лист карты масштаба 1 : 100000 служит также основой для разграфки и номенклатуры листов топографических планов масштабов 1 : 5000 и 1 : 2000 (рис. 3.4). Одному листу карты масштаба 1 : 100000 соответствуют 256 (16×16) листов плана масштаба 1 : 5000, которые обозначаются арабскими цифрами 1, 2, 3, ..., 256, заключенными в скобки. Например, номенклатура 256-го листа плана масштаба 1 : 5000 запишется: *N-37-144-(256)* (рис. 3.4). Одному листу плана масштаба 1 : 5000 соответствуют 9 листов плана масштаба 1 : 2000, которые обозначаются строчными буквами русского алфавита от а до и, также заключенными в скобки. Тогда номенклатура листа плана масштаба 1 : 2000 будет: *N-37-144-(256-и)* (рис. 3.4).

Для планов масштабов 1 : 5000 и 1 : 2000, создаваемых на участке незастроенной территории площадью более 20 км^2 , в основу разграфки положен лист карты масштаба 1 : 100000, т. е. применяется государственная система разграфки и номенклатуры. Листы планов создаются в трехградусных зонах; сетка прямоугольных координат строится в виде квадратов $10 \times 10 \text{ см}$. Листы планов масштаба 1 : 5000 получают делением листа масштаба 1 : 100000 на 256 частей меридианами и параллелями. Размеры листа: $1'52,5''$ – по долготе и $1'15''$ – по широте.

Для топографических планов, создаваемых на территории городов и на участках незастроенной территории площадью менее 20 км^2 , применяется прямоугольная разграфка (рис. 3.5). За ее основу принимается лист плана масштаба 1 : 5000; листы плана масштаба 1 : 5000 нумеруются на участке съемки порядковыми номерами от 1 и далее.

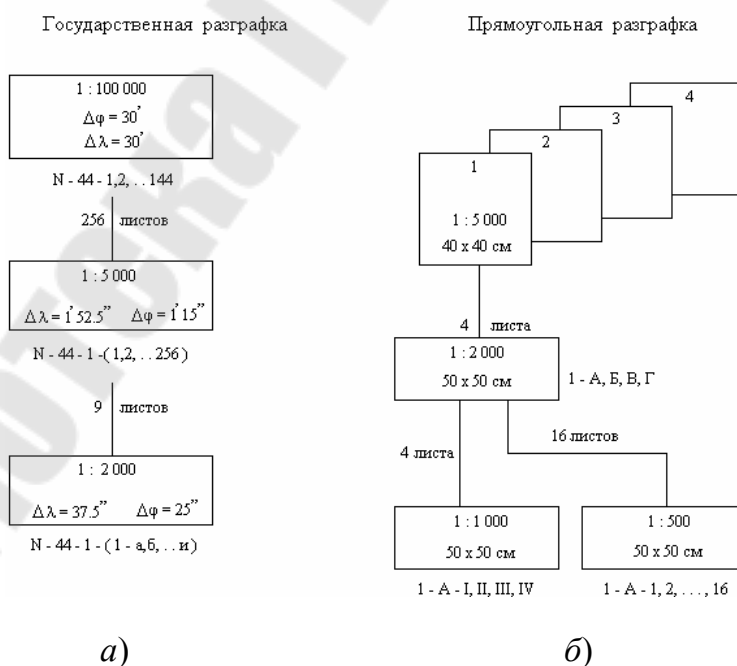


Рис. 3.5. Схема государственной (а) и прямоугольной разграфки (б)

Лист плана масштаба 1 : 5000 делится на 4 части и получаются листы плана масштаба 1 : 2000, которые обозначаются русскими заглавными буквами, например, 5-Г. Лист плана масштаба 1 : 2000 делится на 4 листа масштаба 1 : 1000 или на 16 листов масштаба 1 : 500. Листы плана масштаба 1 : 1000 обозначаются римскими цифрами от I до IV, например, 5-Г-IV; листы плана масштаба 1 : 500 обозначаются арабскими числами от 1 до 16, например, 5-Г-16.

Размеры листа плана масштаба 1 : 5000 – 40 × 40 см; размеры листа В плана масштабов 1 : 2000, 1 : 1000, 1 : 500 – 50 × 50 см.

Практическая часть

1. Определить номенклатуры карт с масштабами от 1 : 1000000 до 1 : 2000, если известно, что в них находятся точка с географическими координатами:

$$\varphi = 48^\circ(48 + N)'48'';$$

$$L = 125^\circ(25 + N)'25'',$$

где N – номер варианта.

2. Определить географические координаты рамок листа карты по заданной номенклатуре:

$$D - (2 + N) - B;$$

$$K - (5 + N) - (144 - N) - 1,$$

где N – номер варианта.

3. Определить номенклатуру восьми смежных листов, прилегающих к месту заданной карты:

$$K - (2 + N) - (12 + N) - 1 - a.$$

где N – номер варианта.

Вопросы для самоконтроля

1. Понятие разграфки и номенклатуры.
2. Принятая система государственной и прямоугольной разграфки и номенклатуры.
3. Прямоугольная разграфка.

Практическое занятие № 4

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ С ГОРИЗОНТАЛЯМИ

Цель занятия: научиться читать рельеф, изображенный на карте, и решать наиболее часто встречающиеся задачи с горизонталями.

Теоретическая часть

Рельефом местности называется совокупность неровностей земной поверхности. В зависимости от характера рельефа местность подразделяют на равнинную, всхолмленную и горную. Равнинная местность имеет слабовыраженные формы или почти совсем не имеет неровностей; всхолмленная характеризуется чередованием сравнительно небольших по высоте повышений и понижений; горная представляет собой чередование возвышений высотой более 500 м над уровнем моря, разделенных долинами.

Способ изображения рельефа на картах и планах должен давать возможность судить о направлении и крутизне скатов, а также определять отметки точек местности. Вместе с тем он должен быть наглядным. Известны различные способы изображения рельефа: перспективное, штриховка линиями разной толщины, цветной отмывкой (горы – коричневые, лощины – зеленые), подписи отметок точек, горизонтали. Наиболее совершенные с инженерной точки зрения способы изображения рельефа – горизонталями в сочетании с подписью отметок характерных точек (рис. 4.1) и цифровой.

Горизонталь – это линия на карте, соединяющая точки с равными высотами. Если представить себе сечение поверхности Земли горизонтальной (уровенной) поверхностью P_0 , то линия пересечения этих поверхностей, ортогонально спроецированная на плоскость и уменьшенная до размера в масштабе карты или плана, и будет горизонталью. Если поверхность P_0 расположена на высоте H от уровенной поверхности, принятой за начало отсчета абсолютных высот, то любая точка на этой горизонтали будет иметь абсолютную отметку, равную H . Изображение в горизонталях рельефа всего участка местности можно получить в результате сечения поверхности этого участка рядом горизонтальных плоскостей P_1, P_2, \dots, P_n , расположенных на одинаковом расстоянии h друг от друга. В результате на карте получают горизонтали с отметками $H + h, H + 2h$ и т. д.

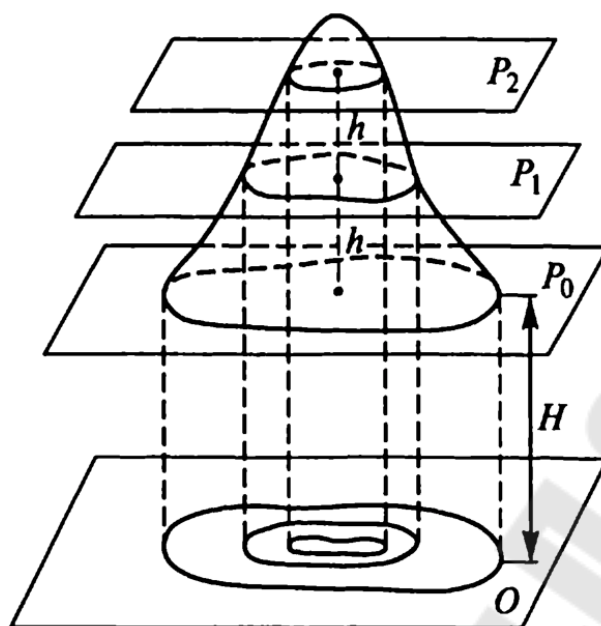


Рис. 4.1. Изображение рельефа горизонталями

Расстояние h между секущими горизонтальными плоскостями называется высотой сечения рельефа. Ее значение указывается на карте или плане под линейным масштабом. В зависимости от масштаба карты и характера изображаемого рельефа высота сечения различна.

Расстояние между горизонталями на карте или плане называется заложением a . Чем больше заложение, тем меньше крутизна ската на местности, и наоборот.

Изучение рельефа начинается с определения по карте направлений повышения и понижения местности, руководствуясь следующими признаками:

- бергштрихи направлены в сторону понижения;
- основания цифр, которыми подписаны горизонтали, располагаются в направлении понижения ската;
- к водоемам и водотокам местность понижается;
- перегиб горизонталей на линиях хребтов и тальвегах лощин.

Отметки точек определяются линейным интерполированием между горизонталями:

$$(a_1 + a_2) \text{ см} - 10 \text{ м};$$

$$a_1 + a_2 = a;$$

$$x = \frac{a_1 \cdot 10}{(a_1 + a_2)}, \text{ м.}$$

Крутизна ската характеризуется либо углом наклона ν , либо уклоном, вычисляемым:

$$i = \operatorname{tg} \nu = \frac{h}{a},$$

где h – высота сечения рельефа, a – заложение ската.

Обычно значения ν и i определяются по графикам заложений.

При описании рельефа по заданному маршруту на карте указывается местонахождение очередной точки (на скате, дно котловины, седловина, ручей, водораздел, тальвег и др.) и направление ската между точками (спуск или подъем).

Граница водосборной площади проходит по водораздельным линиям хребтов, которыми являются нормали к горизонталям в точках их перегиба на хребтах, проходящие через вершины и седловины.

Если требуется задать линию предельного угла наклона, то это значит, что необходимо обозначить на карте направление, по которому расстояния между горизонталями равны заложению $a_{\text{пред}}$, соответствующему заданному предельному углу наклона $\nu_{\text{пред}}$, либо больше этого заложения. В точках поворота проводимой линии не должно быть острых углов.

2. Практическая часть

1. Вклеить в тетрадь образцы решения задач с горизонталями.
2. Определить отметки:
 - а) горизонтали;
 - б) двух точек, не лежащих на горизонталях, и превышение между ними.
3. Определить среднюю крутизну указанного склона, пользуясь графиком заложений.
4. Построить графики заложений для углов наклона и уклонов:
 - а) для карты масштаба 1 : 10000 с высотой сечения рельефа $h = 2,5$ м;
 - б) для карты масштаба 1 : 5000 с высотой сечения рельефа $h = 1,0$ м;
 - в) для карты масштаба 1 : 1000 с высотой сечения рельефа $h = 1,0$ м;
 - д) для карты масштаба 1 : 1000 с высотой сечения рельефа 0,5 м.
5. Описать рельеф по маршруту, указанному на карте.
6. Ограничить водосборную площадь водотока, указанного на карте.

7. Провести на карте линию предельного угла наклона в заданном направлении длиной 3–4 см, $\nu_{\text{пред}} = 0^\circ + 0,1N$, где N – номер варианта.

8. Построить профиль по заданному направлению и определить взаимную видимость между указанными точками.

Вопросы для самоконтроля

1. Определение горизонталей и их свойства.
2. Определение крутизны скатов.
3. Построение линий по заданному углу наклона местности.
4. Ограничение водосборной площади.
5. Порядок построения профиля.

Практическое занятие № 5

ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ТЕХНИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ

Цель занятия: освоить камеральную обработку материалов технического нивелирования.

Работа на практическом занятии № 5 состоит из двух частей:

5.1. Обработка материалов хода технического нивелирования и построение профиля.

5.2. Обработка материалов нивелирования поверхности и построение плана в горизонталях.

5.1. Обработка материалов хода технического нивелирования и построение профиля

1. Теоретическая часть

Нивелирование – это вид геодезических измерений, в результате которых определяют превышения точек, а также их высоты над принятой ровной поверхностью.

Нивелирование производят для изучения форм рельефа, определения высот точек при проектировании, строительстве и эксплуатации различных инженерных сооружений.

Результаты нивелирования имеют большое значение для решения научных задач как самой геодезии, так и других наук о Земле.

Основными геодезическими приборами, которыми производятся измерения, являются нивелиры. Прежде чем приступить к изучению конструкций нивелиров, рассмотрим устройство их основных частей, которые являются также основными частями и других геодезических приборов.

По способам выполнения и применяемым приборам различают: геометрическое, тригонометрическое, гидростатическое и барометрическое нивелирование.

Геометрическое нивелирование – наиболее распространенный способ. Его выполняют с помощью нивелира, задающего горизонтальную линию визирования. Сущность геометрического нивелирования (рис. 5.1, *a*) заключается в следующем.

Нивелир устанавливают горизонтально и по рейкам с делениями, стоящими на точках *A* и *B*, определяют превышение *h* как разность между отрезками *a* и *b*.

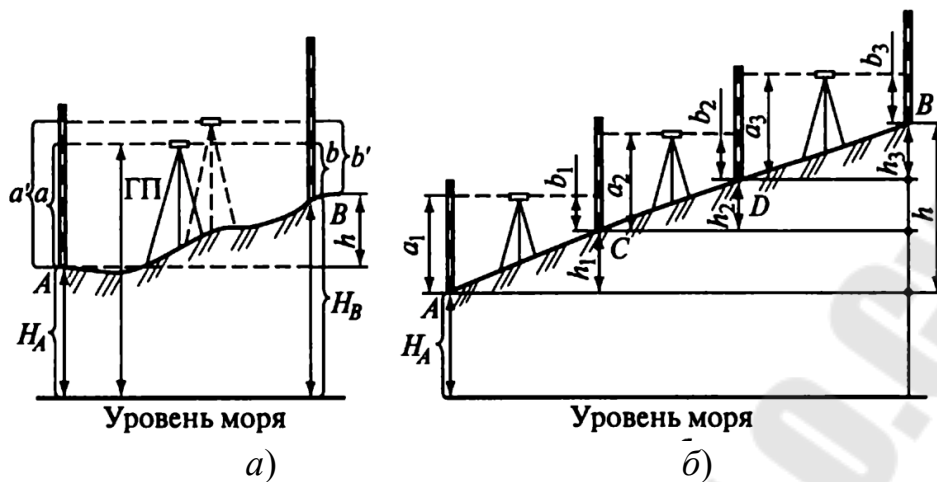


Рис. 5.1. Схемы нивелирования: *a* – простого; *б* – сложного

Если известна отметка H_A точки A и превышение h , отметку H_B точки B определяют как их сумму:

$$H_B = H_A + h.$$

Во избежание ошибок в знаке превышения точку, отметка которой известна, считают задней, а точку, отметку которой определяют, – передней, т. е. превышение – это всегда разность отсчетов назад и вперед. Иногда отсчет по рейке называют «взглядом», поэтому превышение равно «взгляд назад» минус «взгляд вперед».

Место установки нивелира называется станцией. С одной станции можно брать отсчеты по рейкам, установленным во многих точках. При этом превышение между точками не зависит от высоты нивелира над землей. Если поставить нивелир выше (на рис. 5.1, *a* показано пунктиром), оба отсчета a и b будут больше на одну и ту же величину, но разности между ними будут одинаковы.

Для вычисления отметки искомой точки можно применять способ вычисления через горизонт прибора (ГП). Этот способ удобен, когда с одной станции производят нивелирование нескольких точек. Очевидно, что если к отметке точки A прибавить отсчет по рейке на точке A , то получится отметка визирной оси нивелира. Эта отметка и называется горизонтом прибора. Если теперь из горизонта прибора вычесть отсчеты на всех точках, взятые на этой станции, получатся отметки этих точек.

Если для определения превышения между точками A и B достаточно один раз установить нивелир, то такой случай называется простым нивелированием (рис. 5.1, *a*).

Если же превышение между точками можно определить только после нескольких установок нивелира, то такое нивелирование ус-

ловно называют сложным (рис. 5.1, б). В этом случае точки D и C называют связующими. Превышения между ними определяют по схеме простого нивелирования.

При сложном нивелировании превышение между точками A и B :

$$h_{AB} = h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n = \sum_{i=1}^n h_i.$$

Если известна отметка точки A , можно определить отметку точки B :

$$H_B = H_A + \sum_{i=1}^n h_i.$$

Такую схему нивелирования называют нивелирным ходом. Несколько ходов с общими начальными или конечными точками образуют нивелирную сеть.

Практическая часть

Обработка материалов хода технического нивелирования и построение профиля даны в табл. 5.1.

Таблица 5.1

**Обработка материалов хода технического нивелирования
и построение профиля**

Номер п/п	Нивелирование трассы	
1	Журнал технического нивелирования и пикетажный журнал	
2	Дирекционный угол начальной линии трассы (a_n)	$132^{\circ}23' + N =$
3	Угол поворота № 1 Радиус кривой	$15^{\circ}10' + 0,1 N = 600 \text{ м}$
4	Угол поворота № 2 Радиус кривой	$12^{\circ}34' + 0,1 N = 800 \text{ м}$
5	Высота репера № 40	$112,438 + 0,01 N =$
6	Высота репера № 41	$120,412 + 0,01 N =$
где № – номер варианта		

Согласно приведенным выше исходным данным (табл. 5.1), составить:

- 1) продольный профиль трассы от пикета (ПК) 0 до ПК 20;
- 2) поперечные профили на ПК 0 и ПК 20;
- 3) чертеж детальной разбивки половины кривой на углу поворота.

Все чертежи вычерчиваются на листе миллиметровой бумаги и оформляются в черном и красном цветах. Использовать табл. 5.2, 5.3 в качестве формы для заполнения журналов.

Журнал
ТЕХНИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ
Нивелир: НЗ № 4856
Рейки: двухсторонние, складные
Участок трассы
от Р № 40 до Р № 41

Таблица 5.2

Журнал нивелирования профиля

Но- мер стан- ции	Номер пикетов, реперов и промежу- точных точек	Отсчеты по рейке			Превышения				Гори- зонт ниве- лира	Вы- со- ты
					Вычислен- ные		Средние			
		Зада- ние	Проме- жуточ- ные точки	Пе- ред- ние	+	-	+	-		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Р № 40 ПК 0	343 5027		1628 6316		1285 1289		1287		
2	ПК 0 ПК 1	1153 5838		1836 6524		683 686		684		
3	ПК 1 ПК 2	859 5546		483 5171	376 375		376			
4	ПК 2 ПК 3	1280 5967		461 5146	819 821		820			
5	ПК 3 +42 ПК 4	2548 7234	1744	442 5126	2106 2108		2107			
6	ПК 4 ПК 5	821 5509		2188 6872		1367 1363		1365		

Продолжение табл. 5.2

Но- мер стан- ции	Номер пикетов, реперов и промежу- точных точек	Отсчеты по рейке			Превышения				Гори- зонт ниве- лира	Вы- со- ты
					Вычислен- ные		Средние			
		Зада- ние	Проме- жуточ- ные точки	Пе- ред- ние	+	-	+	-		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	суммы	42125		42193			3303	3336		
7	ПК 5	663		1154		491		489		
	ПК 6	5351		5838		487				
8	ПК 6	490		2815		2325		2323		
	ПК 7	5178		7499		2321				
9	ПК 7	516		2896		2380		2380		
	ПК 8	5201		7580		2379				
10	ПК 8	556		2898		2342		2342		
	ПК 9	5238		7581		2343				
11	ПК 9 +20	325			197					
	+68	5012	456		200		198			
	ПК 10 +71		2982							
	+90		2980							
	ПК 11		334	128						
				4812						
12	ПК 11	2425		1112	1313					
	ПК 12	7111		5798	1313		1313			
	суммы	38066		50111			1511	7534		
13	ПК 12	2876		522						
	ПК 13	7564		5207						
14	ПК 13	2784		419						
	ПК 14	7486		5105						
15	ПК 14	2683		1596						
	ПК 15	7370		6284						

Окончание табл. 5.2

Но- мер стан- ции	Номер пикетов, реперов и промежу- точных точек	Отсчеты по рейке			Превышения				Гори- зонт ниве- лира	Вы- со- ты
					Вычислен- ные		Средние			
		Зада- ние	Проме- жуточ- ные точки	Пе- ред- ние	+	-	+	-		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
16	ПК 15 +70 ПК 16	1382 6067		1445 6132						
17	ПК 16 ПК 17	2584 7268		1569 6254						
18	ПК 17 +52 ПК 18	2773 7456		420 5104						
19	ПК 18 X	2312 6999		613 5298						
	суммы									
20	X ПК 19	2788 7476		341 5082	2447 2448		2448			
21	ПК 19 ПК 20 Р № 41	2351 7039	1426	1597 6284	754 755		754			
	суммы	19654		13250			3202			

$$\frac{\sum 3 - \sum \Pi}{2} = \dots$$

$$\sum h_{\text{ср}} = \dots$$

$$f_h = \dots$$

$$f_{h_{\text{доп}}} = \dots$$

Журнал нивелирования поперечников

Но- мер стан- ции	Номер пикетов, реперов и проме- жуточных точек	Отсчеты по рейки			Превышения				Гори- зонт ниве- лира	Вы- соты
					Вычисленные		Средние			
		Зада- ние	Проме- жуточные точки	Пе- ред- ние	+	-	+	-		
Нивелирование поперечников Поперечник на пикете 0										
	ПК 0	1153								
	Правый +20		2171							
	... +36		2870							
	... +50		3420							
	Левый +31		785							
	... +50		220							
Поперечник на пикете 20										
	ПК 20	555								
	Правый +20		2238							
	... +50		3186							
	Левый +15		560							
	... +28		212							
	... +50		186							

Пояснение к выполнению задания

1. Обработка данных журнала технического нивелирования.

1.1. Вычислить по отсчетам черной и красной сторон реек на каждой станции два значения превышения $h = 3 - \Pi$ и взять среднее из них (на одной станции). Средние значения округлить до 1 мм. Выполнить постраничный и пожурнальный контроли. Расхождение значений левой и правой частей не должно превышать 1–2 мм.

1.2. Вычислить невязку f_h в превышениях нивелирного хода как разность между суммой средних превышений и разностью высот конечного и начального реперов, т. е.

$$f_h = \sum h_{\text{ср}} - (H_{\text{кон}} - H_{\text{нач}}).$$

Невязка не должна превышать 50 мм \sqrt{L} , где L – длина нивелирного хода, выраженная в километрах.

1.3. Невязку, взятую с обратным знаком, распределите поровну на все превышения, округляя их до 1 мм. По уравненным превышениям и высотам исходных реперов вычислить высоты всех связующих точек:

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

1.4. Вычислить высоты промежуточных точек и точек поперечников методом горизонта нивелира:

$$ГН = H_3 + 3 = H_{\text{п}} + П,$$

где П – отсчет на промежуточной точке.

1.5. По измеренным углам поворота, заданным радиусам кривых и пикетажным значениям вершин углов поворота трассы (ВУП) из таблицы для разбивки кривых выбрать элементы кривых и записать в пикетажный журнал. Вычислить пикетажные значения главных точек кривых с контролем.

2. Построение продольного и поперечного профилей.

2.1. На миллиметровой бумаге составить подробный продольный профиль в масштабах: горизонтальный 1 : 10000 и вертикальный 1 : 200.

Пример построения продольного профиля представлен дальше (см. рис. 5.5).

2.2. На профиле путем постепенных проб нанести проектную линию с уклонами не более 12 %. Расчет производится по формулам:

$$i = \frac{n}{d}; \quad h = id,$$

где i – уклон линии d ; h – превышение.

2.3. Вычислить на профиле уклоны, проектные отметки, рабочие отметки, нанести на план участки прямых и кривых с соответствующей оцифровкой, определить положение точек нулевых работ.

2.4. Вычертить поперечные профили в масштабах: горизонтальный 1 : 1000 и вертикальный 1 : 100.

Пример оформления поперечного профиля представлен дальше (см. рис. 5.6).

3. Составление чертежа детальной разбивки кривой.

3.1. Составить чертеж в масштабе 1 : 1000 детальной разбивки методом прямоугольных координат половины кривой в ВУП 1 с интервалом разбивки $K = 10$ м.

На рис. 5.2 показаны элементы круговой кривой. На рис. 5.3 представлена схема детальной разбивки кривой способом прямоугольных координат.

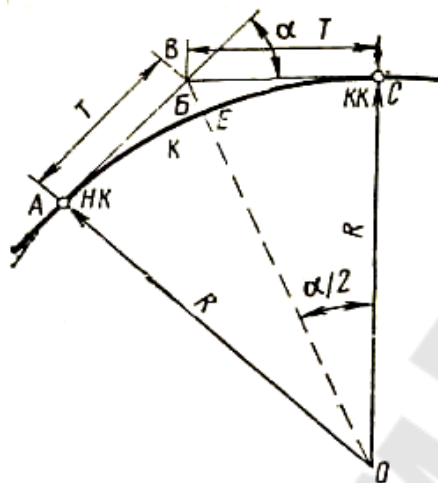


Рис. 5.2. Элементы круговой кривой

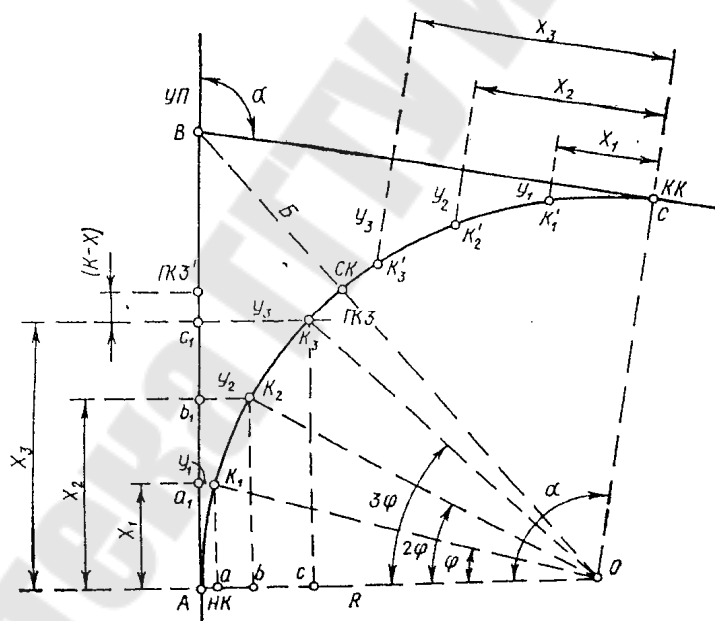


Рис. 5.3. Детальная разбивка кривой способом прямоугольных координат

Составление чертежа детальной разбивки кривой

1. *Разбивка главных точек круговой кривой.* Для разбивки точки начала (НК), середины (СК) и конца (КК) (см. рис. 5.2) необходимо рассчитать элементы круговой кривой: тангенс T , длину кривой K , биссектрису B , домер D по формулам:

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}; \quad K = R \frac{\varphi}{\rho}; \quad B = R(\sec \frac{\varphi}{2} - 1); \quad D = 2T - K,$$

где R – радиус кривой; φ – угол поворота магистрали; ρ – переход в радианную меру. Обычно элементы кривой вычисляют по специальным таблицам. Зная пикетажное наименование вершины угла (ВУ), определяют положение НК, СК и КК в пикетаже. Ниже приведен соответствующий пример.

Пример 1. В точке ВУ, пикетажное обозначение которой ПК 15 +65,00, измерен угол поворота $\varphi = 32^\circ 21'$. Рассчитать положение главных точек кривой, если радиус ее $R = 175$ м.

Вычисленные для разбивки кривых значения элементов кривой таковы:

$$T = 50,76; \quad K = 98,80; \quad D = 2,71; \quad B = 7,21.$$

Вычисления по определению пикетажного положения главных точек кривой располагаем по образцу (табл. 5.4, 5.5).

Таблица 5.4

Основные вычисления

ВУ 15	+65,00
-Т	50,76
НК 15	+14,24
+К/2	49,40
СК 15	+63,64
+К/2	49,40
КК 16	+13,04

Таблица 5.5

Контрольные вычисления

ВУ 15	+65,00
+Т	50,76
$\Sigma 16$	+15,76
-Д	2,71
КК 16	+13,04

Расхождение между дважды вычисленным пикетажным положением конца кривой не должно превосходить 3 см.

Для закрепления начала кривой на местности забивают кол со сторожкой на расстоянии 14,24 м от пикета 15 по направлению к вершине угла поворота и на сторожке пишут НК, ПК 15 +14,24.

Середину кривой находят, построив при помощи теодолита угол между тангенсом и биссектрисой, равный $90^\circ - \varphi/2 = 73^\circ 49,5'$. Задав это направление, откладывают по нему вычисленное значение биссектрисы $B = 7,21$ м и забивают кол со сторожкой, на котором пишут СК ПК 15 +63,64. Положение конца кривой на местности находят, отложив от пикета 16 по направлению трассы отрезок, равный сумме расстояний $13,05 + 2,71 = 15,76$ м, но на сторожке пишут: КК, ПК 16 +13,05, как если бы разбивка пикетажа происходила не по ломаной линии, а по кривой. Для дальнейшей разбивки пикетажа к концу кривой прикладывают ленту так, чтобы отсчет по ней равнялся 13,05 м.

2. *Вынос пикета на кривую.* Если на касательной к кривой находятся пикеты, то они должны быть вынесены на кривую (рис. 5.3). Для выноса пикета на кривую по радиусу R и длине K дуги кривой от начала или конца кривой до пикета вычисляют значение абсциссы x и ординаты y по формулам:

$$x = R \sin \varepsilon; \quad y = 2R \sin^2 \varepsilon/2; \quad E = (K/R)\rho.$$

Пример 2. Вынести на кривую пикет 16 по данным предыдущего примера.

Так как $k = КК - ПК 16 = 16 + 13,05 - 16 = 13,05$ м, то по этому аргументу и $R = 175$ м находим по таблицам: $k - x = 0,01$ м и $y = 0,48$ м.

Так как пикет 16 расположен между серединой и концом кривой, то для отыскания его положения на кривой от пикета 16 на касательной по направлению к концу кривой откладывают отрезок, равный сумме домера и кривой без абсциссы $D - (k - x)$ м; в полученной точке восстанавливают перпендикуляр длиной $y = 0,48$ м. Полученная точка является пикетом 16 на кривой.

Для выноса пикетов на кривую, расположенных между началом и серединой кривой, основание ординат отыскивают путем откладывания кривой без абсциссы от пикета на касательной по направлению к началу кривой (рис. 5.3).

3. *Детальная разбивка кривой.* Наиболее распространенным способом разбивки кривой на открытой местности является способ прямоугольных координат, описанный при выносе пикета на кривую. Расстояние k между соседними точками на кривой зависит от радиуса кривой и характера будущего сооружения.

Пример 3. Произвести детальную разбивку через 10 м круговой кривой, рассчитанной при решении примера 1.

По аргументам $R = 175$ м и $K = 10, 20, \dots$ выбирают из таблиц для детальной разбивки кривой значения x и y или $k - x$ и y , или вы-

числяют по формулам, как было описано при изложении вопроса о выносе пикета на кривую. Так как половина общей длины кривой равна 49,40 м, то для детальной разбивки кривой достаточно вычислить значения $k - x$ и y при $k_{\max} = 40$ м.

Результаты вычислений приведены в табл. 5.6.

Таблица 5.6

Детальная разбивка кривой

k	$k - x$	y
10	0,01	0,28
20	0,04	1,14
30	0,15	2,55
40	0,35	4,54

Детальную разбивку кривой производят от ее концов по направлению к середине. Для обозначения на местности точки 1 кривой откладывают начало кривой по направлению касательной $k - (k - x) = 10,00 - 0,01 = 9,99$ м.

В полученной точке восстанавливают перпендикуляр к касательной в сторону кривой длиной $y = 0,28$ м и получают положение на местности точки 1, которую закрепляют колом, затем откладывают от начала кривой отрезок $k - (k - x) = 20,00 - 0,04 = 19,96$ м, восстанавливая в конце его перпендикуляр длиной $y = 1,14$ м, получают положение точки 2. Поступая аналогично, находят точки 3 и 4 кривой, после чего производят детальную разбивку кривой по направлению от ее конца к середине.

Начало координат для одной половины кривой находится в точке НК, а для другой – в точке КК.

Данные для разбивки – в пикетажном журнале, представленном на рис. 5.4.

Вопросы для самоконтроля

1. Порядок обработки журнала нивелирования.
2. Элементы круговой кривой.
3. Детальная разбивка кривой способом прямоугольных координат.

5.2. Обработка материалов нивелирования поверхности и построение плана в горизонталях

Нивелирование поверхности

Исходные данные:

1. Высота точки А1 – $(120,00 + 0,01N)$ м.
2. Румб линии А1 – $D1\alpha = 100^\circ 20' + N10'$.
3. Длина сторон квадратов – 25 м; N – номер варианта.

По методу горизонтов нивелира вычислить высоты всех вершин квадратов и в масштабе 1 : 5000 составить план площадки в горизонталях с сечением рельефа 0,5 м:

1. Вычислить разности отсчетов по рейке (разности горизонтов нивелира на станциях) в соседних квадратах и записать их у середины сторон квадратов. Расхождение между двумя значениями разностей допускать не более 4–8 мм.

2. Вывести средние разности горизонтов нивелира в соседних квадратах. Подсчитать сумму средних разностей по внешнему кольцу квадратов 1–14 и, если она не превышает $6 \text{ мм} \sqrt{n}$ (n – число станций во внешнем кольце), распределить ее с обратным знаком на средние разности.

3. Прибавив к высоте точки А1 отсчет по рейке на этой точке, получить горизонт нивелира в первом квадрате и записать его под номером станции в середине квадрата.

Прибавляя к горизонту нивелира на первой станции уравненную разность горизонтов между второй и первой станциями, получим горизонт нивелира на второй станции и т. д. Замыкая кольцо квадратов, должны получить горизонт нивелира на первой станции, что является контролем вычислений.

4. Разность горизонтов нивелира во внутренних квадратах 15–16 уравнивают между горизонтами. Невязка нивелиров – на станциях 13 и 6. Невязка будет равна сумме разностей между станциями 15 и 6, 16 и 15, 13 и 16, минус разность уравненных горизонтов на станциях 13 и 6. После распределения невязки по известному уже правилу вычисляют горизонты нивелира на станциях 15 и 16.

5. По уравненным горизонтам нивелира и отсчетам по рейкам вычисляют высоты всех вершин квадратов:

$$H_i = \Gamma H_i - \Pi_i.$$

6. По румбу начальной линии и углам полигона вычислить румбы линий окружной границы участка.

7. На листе чертежной бумаги по румбам и длинам линий построить сетку квадратов. Выписать на чертеже высоты вершин квадратов с округлением их до одного сантиметра.

8. По высотам точек при помощи палетки провести горизонтали. Интерполирование горизонталей производить по всем сторонам квадратов и по одной из диагоналей в каждом квадрате, соответствующей наибольшему неизменному уклону.

9. План вычертить в цвете: горизонтали и их подписи – коричневым цветом, все остальное – в соответствии с условными топографическими знаками.

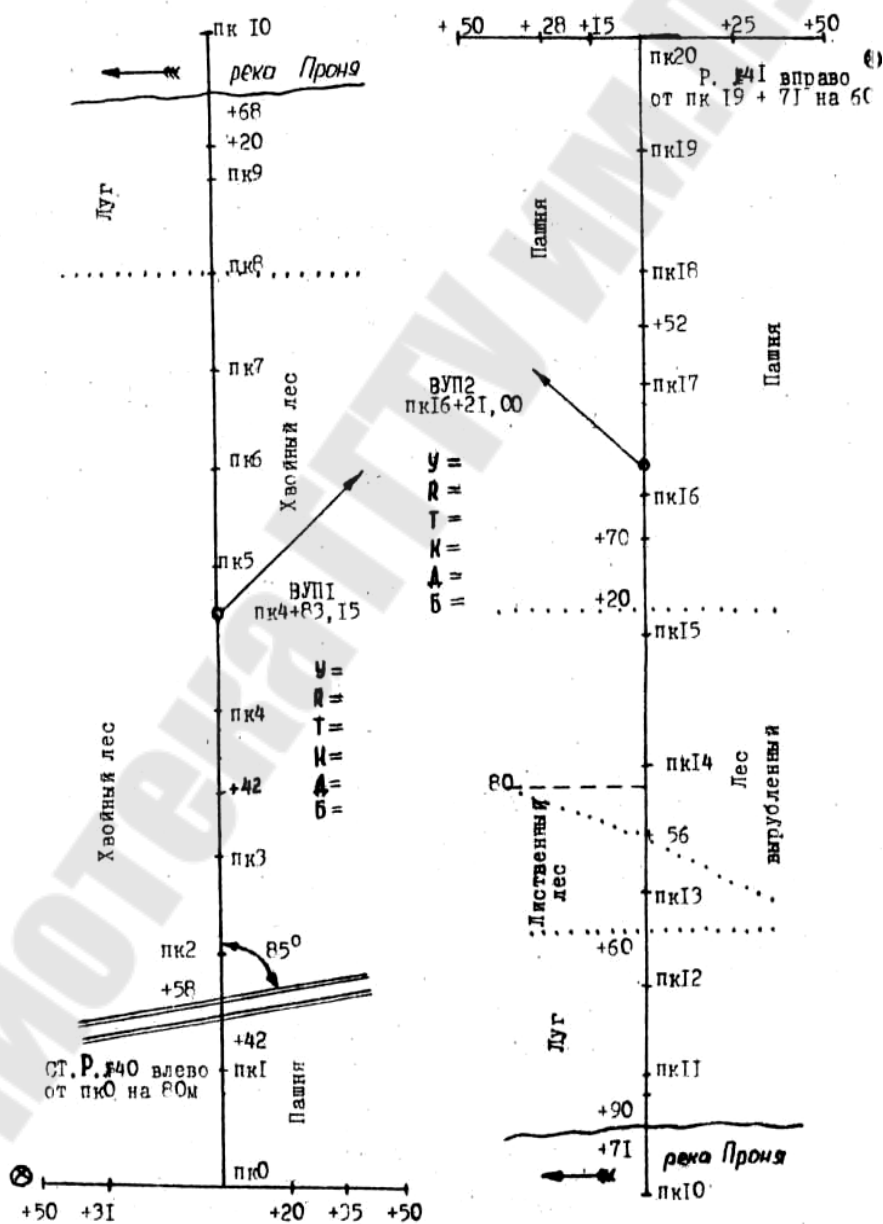


Рис. 5.4. Пикетажный журнал

А	Б	В	Г	Д			
2032	1431	2671	1761	2906	2089	1344	1073
1		2		3		4	
1383	0582	1824	0771	1921	1211	0468	1440
2062	1265					0872	1842
14						5	
1440	0733					1544	2370
1679	0972	2196	1530+N	1090+N	1206	0315	1139
13		15		16		6	
1343	0900	2118	2179	1742	2066	1179	1668
1611	1162					0847	1337
12						7	
1686	1670					1577	1941
0838	0820	0910	1105-N	0648-N	1070	0869	1234
11		10		9		8	
1496	1475	1568	1837	1374	1737	1531	2093

Рис. 5.7. Журнал нивелирования поверхности

Журнал нивелирования поверхности представлен на рис. 5.7.

Вопросы для самоконтроля

1. Способы нивелирования поверхности.
2. Обработка журнала нивелирования поверхности по квадратам.
3. Построение плана в горизонталях.

Практическое занятие № 6

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ГЕОМЕТРИЗАЦИИ НЕДР

Цель занятия: освоить решение геометрических задач в проекциях с числовыми отметками, статистический анализ данных геологических опробований и арифметические действия с топографическими поверхностями.

Работа состоит из двух частей:

6.1. Проекция с числовыми отметками.

6.2. Определение плотности разведочной сети с помощью компьютера.

6.1. Проекция с числовыми отметками

Теоретическая часть

Чтобы изобразить точку, прямую или любой объект по их координатам, необходимо на плоскость проекции нанести систему координат и указать масштаб изображения.

В проекциях с числовыми отметками точку по двум ее координатам наносят на картинную плоскость, а ее третью координату подписывают у проекции этой точки в виде числовой отметки (высоты).

Прямая имеет определенное положение в пространстве и может быть изображена в проекциях с числовыми отметками, если известны: 1) координаты двух точек прямой; 2) координаты одной точки, направление прямой – дирекционный угол (азимут) и угол наклона прямой к горизонту.

Положение плоскости в пространстве и ее изображение на плане определяют: 1) три точки, не лежащие на одной прямой; 2) прямая линия и точка, не лежащая на этой прямой; 3) две пересекающиеся прямые, в частном случае – линия простирания и линия падения; 4) две параллельные прямые; 5) прямая линия, являющаяся линией наибольшего ската данной плоскости.

Поверхность в проекциях с числовыми отметками изображают изолиниями – проекциями линий пересечения этой поверхности плоскостями, параллельными плоскости проекции и равноотстоящими друг от друга. Вид изолиний зависит от формы поверхности, ее сложности и расположения относительно плоскости проекции.

Определение положения прямых в пространстве непосредственно связано с решением прямой и обратной геодезических задач, кото-

рые в маркшейдерии рассматриваются в трехмерном пространстве координат x, y, z .

Прямая задача. Даны координаты x_N, y_N, z_N начала вектора NK , направление $\alpha(NK)$, угол наклона $\delta(NK)$ к горизонту и длина вектора $NK = L$. Требуется определить координаты x_K, y_K, z_K конца вектора:

$$x_K = x_N + L \cdot \cos \delta \cdot \cos \alpha ;$$

$$y_K = y_N + L \cdot \cos \delta \cdot \cos \alpha ;$$

$$z_K = z_N - L \cdot \sin \delta .$$

Обратная задача. Даны координаты начала x_N, y_N, z_N и конца x_K, y_K, z_K вектора NK . Требуется определять направление вектора α , угол наклона δ , горизонтальное проложение l и длину $NK = L$:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_K - y_N}{x_K - x_N} ;$$

$$l = \frac{\Delta x}{\cos \alpha} = \frac{\Delta y}{\sin \alpha} = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2} ;$$

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\Delta z}{l} = \frac{z_K - z_N}{l} ;$$

$$L = \frac{l}{\cos \delta} = \frac{\Delta z}{\sin \delta} = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 + (\Delta z)^2} .$$

Проекции точек, прямых и их взаимное положение. Прямую на плане (графике) изображают в градуированных отметках. Градуированием прямой называют нахождение на проекции прямой точек с целочисленными отметками, кратными выбранному сечению. Графическое градуирование производят с помощью трафарета или по способу профиля.

Точки с целочисленными отметками на проекции прямой есть проекции точек пересечения прямой с плоскостями, параллельными плоскости проекции и отстоящими друг от друга на расстоянии, равном высоте сечения.

Разность целочисленных отметок двух соседних точек градуированной проекции прямой называют высотой сечения или сечением прямой (h).

Длину проекции отрезка прямой, разность отметок на концах которого равна единице сечения, называют заложением прямой (a).

Уклоном (i) прямой линии называют тангенс угла наклона прямой к плоскости проекции:

$$i = \operatorname{tg} \delta = \frac{h}{a}.$$

При данном сечении уклон прямой есть величина, обратная заложению.

Взаимное положение прямой и точки:

1. Точка лежит на прямой, если проекция точки совпадает с проекцией прямой и имеет общую с прямой отметку.

2. Точка не лежит на прямой, если: а) проекция точки не совпадает с проекцией прямой; б) проекция точки совпадает с проекцией прямой, но данная точка и точка на прямой имеют разные отметки.

Чтобы по плану определять кратчайшее расстояние между прямой и точкой вне прямой, необходимо через точку и прямую провести плоскость. Найти совмещение, т. е. параллельное плоскости проекции положение этой плоскости, повернув ее вокруг одной из ее горизонталей. Измерить расстояние от точки до прямой по нормали (опустить из точки перпендикуляр на совмещенную прямую) в масштабе графика.

Если проекция точки совпадает с проекцией прямой, то непосредственно по плану можно определять лишь расстояние по вертикали между ними, равное разности отметок совпадающих проекций.

Взаимное положение прямых. Прямые в пространстве: 1) параллельны; 2) пересекаются (частный случай – взаимно перпендикулярны); 3) скрещиваются (не параллельны и не пересекаются).

У параллельных прямых проекции параллельны, заложения равны, направление возрастания отметок одинаково.

Пересекающиеся в пространстве прямые изображаются пересекающимися проекциями. Точка пересечения прямых имеет одну общую для обеих прямых отметку.

Если пересекающиеся прямые лежат в одной профильной плоскости, то проекции прямых сливаются.

Прямые в пространстве скрещиваются, если проекции прямых пересекаются, но в точке пересечения имеют разные отметки; если проекции прямых параллельны, но имеют разные заложения, или имеют одинаковое заложение, но возрастание отметок идет в разные стороны.

Определение истинных расстояний между параллельными прямыми и истинных углов между пересекающимися прямыми производят на плоскости, которую проводят через них и совмещают ее с плоскостью проекции, или параллельной ей.

Пример. На плане (рис. 6.1) даны три точки a_{30} , b_{57} , c_{10} . Требуется определить в образовавшемся треугольнике истинные значения его углов и длин сторон.

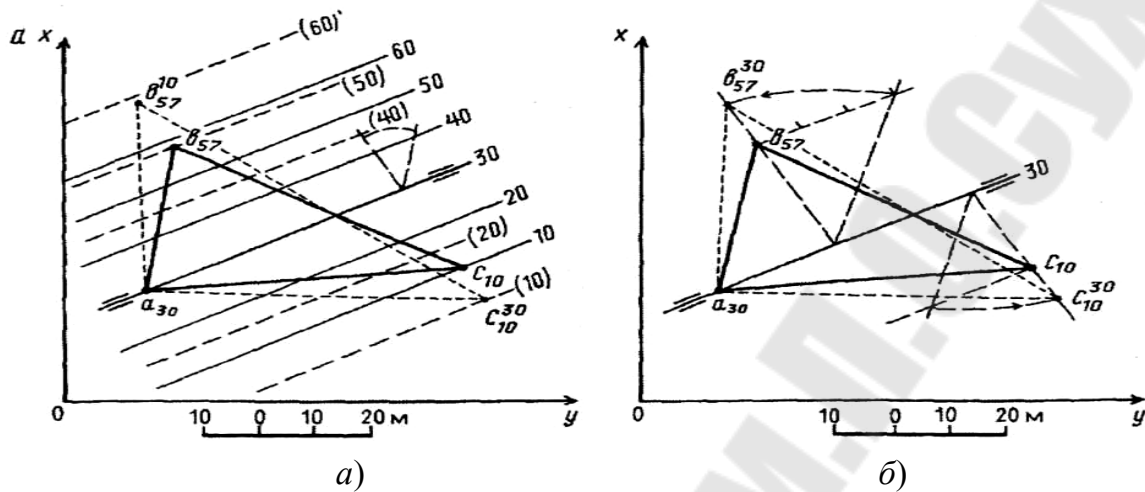


Рис. 6.1. Определение истинных значений углов и длин сторон треугольника a_{30} , b_{57} , c_{10} методом совмещения плоскости (а) и точек b_{57} , c_{10} (б)

Решение может быть выполнено двумя способами: а) построение по точкам плоскости в горизонталях и совмещение ее горизонталей с плоскостью проекции путем вращения плоскости вокруг горизонтали, например, 30 (см. рис. 6.1, а). Совмещенные горизонталы показаны штрихлиниями. Переноса исходные точки по нормали к оси вращения на соответствующие их отметкам горизонталы, находят точки a_{30} , b_{57} , c_{10} , соединив которые получают треугольник с истинными углами и сторонами в масштабе графика; б) определение совмещенного положения каждой точки (см. рис. 6.1, б). Для этого проводят одну из горизонталей плоскости, например, с отметкой 30. Эту горизонталь принимают за ось вращения и находят совмещенные положения точек, не лежащих на этой оси. Для этого необходимо из этой точки опустить перпендикуляр на ось вращения и от оси вращения на перпендикуляре отложить отрезок, равный гипотенузе прямоугольного треугольника, у которого один катет – расстояние от данной точки до оси вращения, а второй – отрезок, равный разности отметок этой точки и оси вращения в масштабе чертежа. Точки b_{57}^{30} и c_{10}^{30} являются совмещенными с горизонтальной плоскостью, имеющей отметку 30. В треугольнике $a_{30}b_{57}^{30}c_{10}^{30}$ величины углов и сторон (в масштабе чертежа) являются истинными.

2. Практическая часть

1. Даны две точки $A (30; 25; 82)$ и $B (50; 65; 115)$, принадлежащие одной прямой.

Требуется: 1) изобразить прямую на плане в масштабе $1 : 1000$ в проекции с числовыми отметками; 2) проградировать прямую через 5 м аналитическим методом.

2. Изобразить на плане в масштабе $1 : 2000$ в проекции с числовыми отметками отрезок прямой AB , если координаты его конечных точек следующие:

$$x_a = 230; y_a = 32; z_a = 145,3;$$

$$x_b = 150; y_b = 350; z_b = 225.$$

Прямую проградировать через 1 м с помощью трафарета.

3. Даны координаты двух маркшейдерских точек наклонной горной выработки:

$$x_1 = 915; y_1 = 102; z_1 = -17;$$

$$x_2 = 971; y_2 = 149; z_2 = +9.$$

Определить: 1) горизонтальную проекцию наклонной выработки (l); 2) длину наклонной выработки в метрах (L); 3) уклон выработки (i); 4) угол наклона ее к горизонту (δ).

4. Наклонная буровая скважина имеет:

а) координаты устья:

$$x = 520 \text{ м}; y = 335 \text{ м}; z = 243 \text{ м};$$

б) координаты забоя скважины:

$$x_1 = 585 \text{ м}; y_1 = 360 \text{ м}; z_1 = 80 \text{ м}.$$

Требуется, приняв ось скважины за прямую линию, нанести на план в масштабе $1 : 1000$ ось скважины в проекциях с числовыми отметками и определять: 1) величину вертикальной проекции (h) в метрах; 2) длину скважины (L); 3) угол наклона (δ) оси скважины к горизонту; 4) дирекционный угол (α) оси скважины.

5. В точке $O (1215, 624, 378)$ на земной поверхности пробурена наклонная скважина длиной 156 м; под углом наклона 65° и азимутом 30° .

Требуется, приняв ось скважины за прямую линию: 1) нанести на план в масштабе $1 : 2000$ ось скважины в проекции с числовыми

отметками; 2) определить графически координаты (x, y, z) забоя скважины, если известно, что магнитное склонение является восточным и составляет 9° .

6. Три маркшейдерские точки, закрепленные в выработках в кровле пласта, имеют следующие координаты:

- I: $(x_1 = 101,75; y_1 = 152,30; z_1 = +58,15)$;
- II: $(x_2 = 250,32; y_2 = 101,12; z_2 = 42,30)$;
- III: $(x_3 = 172,40; y_3 = 303,23; z_3 = +62,10)$.

Приняв поверхность кровли пласта в пределах данных точек за плоскость, определить элементы залегания плоскости – дирекционный угол линии простирания (α) и угол падения (δ).

Плоскость изобразить на плане в масштабе $1 : 5000$ в горизонталях сечением через 20 м.

7. Пласт полезного ископаемого разведан двумя вертикальными буровыми скважинами (A и B) и третьей наклонной скважиной (C). Координаты устья скважин:

- A : $(100; 100; +350)$.
- B : $(350; 200; +355)$.
- C : $(75; 350; +371)$.

Наклонная скважина пробурена с земной поверхности под дирекционным углом $\alpha_c = 296^\circ$ и углом наклона к горизонту $\delta_c = 67^\circ$.

Скважиной A пласт полезного ископаемого встречен на глубине 160 м; скважиной B – на глубине 157 м; скважиной C – на расстоянии 260 м от земной поверхности по скважине.

Требуется: 1) изобразить на плане в масштабе $1 : 5000$ устья скважин и точки пересечения осей скважин с пластом; 2) построить плоскость пласта по трем точкам в горизонталях сечением через 20 м; 3) определить дирекционный угол направления линии простирания пласта (α) и угол падения пласта (δ).

Вопросы для самоконтроля

1. Изображение точки в проекции с числовыми отметками.
2. Изображение линии в проекции с числовыми отметками.
3. Изображение плоскости в проекции с числовыми отметками.

6.2. Определение плотности разведочной сети с помощью компьютера

Теоретическая часть

В зависимости от расположения залежей в недрах разведочные выработки (скважины, шурфы, дудки и др.) располагают по разведочным линиям вкрест простирания – равномерно по площади разведываемого участка в виде квадратной, прямоугольной, ромбической и других сеток.

Существуют различные способы определения рациональной плотности разведочной сети. Основными из них являются: 1) аналитический; 2) способ разрежения сети; 3) способ сравнения данных разведки с данными эксплуатации. Каждый из способов имеет свои достоинства. Недостаток первого – отсутствие учета размера объекта. Во втором – опираются лишь на изменения средних значений показателя. В третьем – сравнивают результаты разведки с величинами, не имеющими количественной оценки.

Предлагается рассмотреть геометрический метод.

Сущность геометрического метода на стадии детальной разведки разрабатываемых месторождений состоит в применении метода разряжения разведочной сети и определении отклонений не средних значений показателей, а погрешностей реализаций исходной топофункции при различной плотности разведочной сети.

За исходную принимают топофункцию, полученную на основе геометризации форм или свойств наиболее изученного фактора представительного участка месторождения.

Путем математических действий с топоповерхностями – исходной и ее реализациями сетью разных размеров – получают ряд топоповерхностей (квадратичных погрешностей). По зависимости их изменения от плотности разведочной сети определяют рациональную разведочную сеть, которая величиной своей погрешности удовлетворяла бы требованиям предприятия.

Схема решения задачи оценки реализаций при разведке представлена на рис. 6.2, на котором: P – исходная топофункция; R_i – реализации при разных положениях и размерах разведочной сети; δ – разность топофункций исходной и реализаций; δ_2 – квадрат разности топофункций; m_i – среднеквадратичная погрешность реализаций; n – число точек палетки.

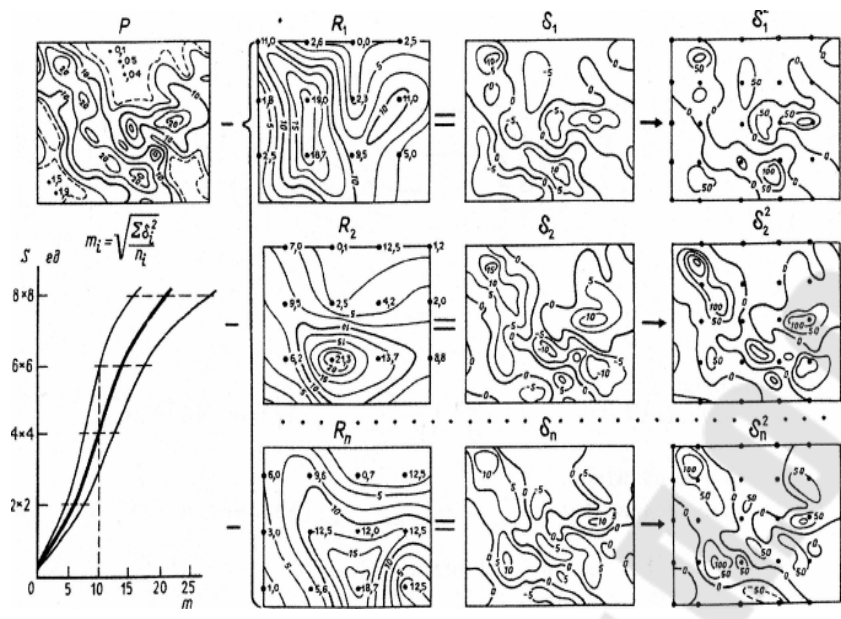


Рис. 6.2. Схема решения задачи оценки реализаций

Практическая часть

На рис. 6.3 представлен план изолиний показателя залежи, построенных по данным измерений при разработке залежи.

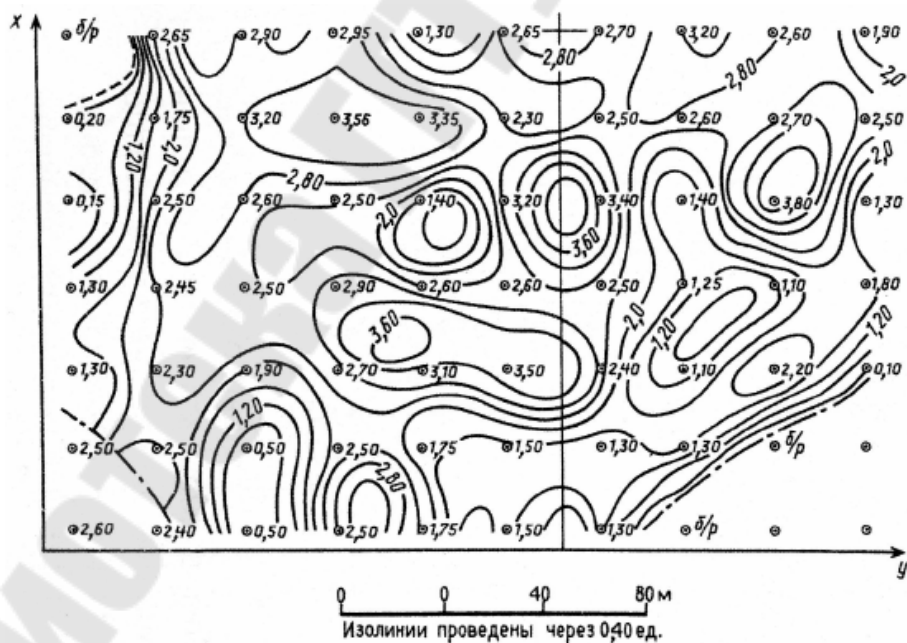


Рис. 6.3. План изолиний показателя по данным эксплуатационной разведки

Приняв эти данные за исходные, достаточно точно отражающие изучаемый объект, определите плотность разведочной сети:

1. Аналитическим методом по формуле

$$n = \frac{t^2 \sigma^2}{m^2},$$

где t – коэффициент вероятности; m – погрешность выборочной средней; σ – дисперсия показателя.

2. Методом разрежения по изменению средних значений показателя по исходной и разреженным сетям.

3. Геометрическим методом с применением математических действий с топоповерхностями.

Пояснения к выполнению задания

1. На основе плана создают двумерную цифровую матрицу с условной системой координат и ее началом в одном из углов модели.

2. Определяют статистические характеристики исходной цифровой матрицы (среднее, дисперсию, коэффициент вариации, геометрическую изменчивость).

3. Создают матрицы реализаций путем выборки значений исходной матрицы сетью через один, два, три и т. д. значения. При этом каждой сетью получают несколько реализаций, смещая начальную точку матрицы.

4. Находят квадраты разности (δ^2) между интерполируемым и истинным значениями в точках исходной матрицы.

5. По графику зависимости между среднеквадратичными отклонениями и плотностью разведочной сети определяют размер ячейки разведочной сети.

Среднеквадратичное отклонение реализации от исходной матрицы определяют по формуле

$$m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \delta_i^2}{n}}.$$

Вопросы для самоконтроля

1. Понятие топографической поверхности и ее свойства.
2. Математические действия с топографическими поверхностями.
3. Способы определения рациональной плотности разведочной сети.

Литература

1. Борщ-Компониец, В. И. Геодезия. Маркшейдерское дело / В. И. Борщ-Компониец. – М. : Недра, 1989. – 447 с.
2. Букринский, В. А. Геометрия недр : учеб. для вузов / В. А. Букринский – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во МГГУ, 2002. – 333 с.
3. Букринский, В. А. Геометрия недр : практикум / В. А. Букринский, Е. В. Киселевский, И. Г. Лаврентьев. – М. : Изд. МГИ, 1988. – 240 с.
4. Букринский, В. А. Практический курс геометрии недр / В. А. Букринский. – М. : Недра, 1965. – с. 287.
5. Геометрия недр (Горная геометрия) : учеб. для вузов / В. М. Калининченко [и др.] ; под ред. В. М. Калининченко и И. Н. Ушакова. – Новочеркасск : НОК, 2000. – 426 с.
6. Гудков, В. М. Математическая обработка маркшейдерско-геодезических измерений : учеб. для вузов / А. В. Хлебников, В. М. Пудков. – М. : Недра, 1990. – 292 с.
7. Калининченко, В. М. Математическое моделирование и прогноз показателей месторождений : справочник / В. М. Калининченко. – М. : Недра, 1993. – 364 с.
8. Практикум по прикладной геодезии. Геодезическое обеспечение строительства и эксплуатации инженерных сооружений / Е. Б. Ключин [и др.]. – М. : Недра, 1993. – 368 с.
9. Рыжов, П. А. Геометрия недр : учеб. для вузов / П. А. Рыжов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Недра, 1964. – 405 с.
10. Трофимов, А. А. Основы маркшейдерского дела и геометрии недр : учеб. пособие для вузов / А. А. Трофимов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Недра, 1985. – 224 с.

Содержание

<i>Практическое занятие № 1. Изучение содержания топографических планов и карт</i>	<i>3</i>
<i>Практическое занятие № 2. Измерение по топокартам расстояний, определение координат и углов ориентирования</i>	<i>10</i>
<i>Практическое занятие № 3. Разграфка и номенклатура топографических карт и планов</i>	<i>19</i>
<i>Практическое занятие № 4. Решение задач с горизонталями.....</i>	<i>26</i>
<i>Практическое занятие № 5. Обработка материалов технического нивелирования</i>	<i>30</i>
<i>Практическое занятие № 6. Решение задач по геометризации недр.....</i>	<i>46</i>
<i>Литература</i>	<i>55</i>

Учебное электронное издание комбинированного распространения

Учебное издание

Абрамович Ольга Константиновна

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ДЕЛО И ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ НЕДР

Практикум

**по одноименной дисциплине
для студентов специальности 1-51 02 02
«Разработка и эксплуатация нефтяных
и газовых месторождений»
дневной и заочной форм обучения**

Электронный аналог печатного издания

Редактор
Компьютерная верстка

*Т. Н. Мисюрова
И. П. Минина*

Подписано в печать 02.04.2019.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 3,49. Уч.-изд. л. 3,82.

Изд. № 235/21.

<http://www.gstu.by>

Издатель и полиграфическое исполнение
Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого.
Свидетельство о гос. регистрации в качестве издателя
печатных изданий за № 1/273 от 04.04.2014 г.
пр. Октября, 48, 246746, г. Гомель