



Тема лекции 2. Изучение топографических планов и карт

Вопросы:

- 2.1. Назначение топографических планов и карт. План. Карта. Профиль.**
- 2. 2. Масштабы: численный, линейный, поперечный. Точность масштаба.**
- 2. 3. Содержание топографических планов и карт. Условные знаки.**
- 2.4. Разграфка и номенклатура топографических планов и карт.**
- 2.5. Ориентирование линий.**
 - 2.5.1 Понятие об ориентировании линий.**
 - 2.5.2. Истинные азимуты, прямой и обратный. Сближение меридианов.**
 - 2.5.3. Дирекционные углы, румбы. Формулы связи дирекционного угла с румбом.**
 - 2.5.4. Магнитный азимут. Склонение магнитной стрелки. График ориентирования.**
- 2.6. Рельеф местности.**
 - 2.6.1. Рельеф местности. Основные формы рельефа.**
 - 2.6.2. Изображение рельефа на топографических планах и картах. Горизонтали и их свойства.**
 - 2.6.3. Уклон линии и его определение.**
 - 2.6.4. Решение по карте задач с горизонталями.**
- 2.7. Определение площадей**
 - 2.7.1. Аналитический способ**
 - 2.7.2. Графический способ**
 - 2.7.3. Механический способ**
 - 2.7.4 Устройство планиметра**
 - 2.7.5 Определение цены деления планиметра**

Литература

1. Юнусов, А.Г. Геодезия: учебное пособие для вузов. / А.Г. Юнусов. А.Б. Беликов, В.Н. Баранов, Ю.Ю. Каширкин. – М.: Академический проект. 2011. 409 с.
2. Куштин, И.Ф. Геодезия: учебно-практическое пособие. / И. Ф. Куштин, В.И. Куштин. – Ростов н/Д. Феникс, 2009. – 909 с.
3. Ямбаев, Х.К. Геодезическое инструментоведение: учебник для вузов./ Х.К. Ямбаев. – М.: Академический проект, 2011. – 583 с.
4. Неумывакин, Ю.К., Практикум по геодезии / Ю.К.Неумывакин, А.С.Смирнов. – М.: Недра, 1995.
5. Подшивалов, В. П. Инженерная геодезия : учебник / В. П. Подшивалов, М. С. Нестеренок. – Минск : Выш. шк., 2011. – 463 с.

6. Янченко, Е.А. Геодезия [Текст]: курс лекций для студ. I курса очной и заочной форм обучения направления «Землеустройство и кадастры», профилей «Землеустройство», «Земельный кадастр», «Кадастр недвижимости» / Е.А. Янченко; Инж. мелиор. ин-т. ДГАУ, каф. геодезии. – Новочеркасск, 2014. - 174 с.

Вопрос 2.1. Назначение топографических планов и карт. План. Карта. Профиль

Картографирование населенных мест, промышленных предприятий, дорожных сетей, подземных коммуникаций, водных и других объектов необходимо для инженерного обеспечения их функционирования. При проектировании таких объектов используют топографические планы, а также специальные строительные чертежи, которые составляют в масштабах 1:200; 1:500; 1:1000; 1:2000; 1:5000. На них показывают существующие объекты и проектируют новые поверхностные и подземные сооружения. На исполнительных чертежах отображают все построенные наземные и подземные сооружения (здания, спортивные объекты, мосты, дороги, трубопроводы, кабели, тоннели, штреки и др.).

К картографическим материалам относят также и профили – уменьшенное изображение вертикального разреза земной поверхности вдоль выбранного направления.

Поверхность Земли изображают на плоскости в виде **планов, карт, профилей**.

При составлении планов сферическую поверхность Земли проецируют на горизонтальную плоскость и полученное изображение уменьшают до требуемого размера. Как правило, в геодезии применяют метод ортогонального проецирования (рис.2.1).

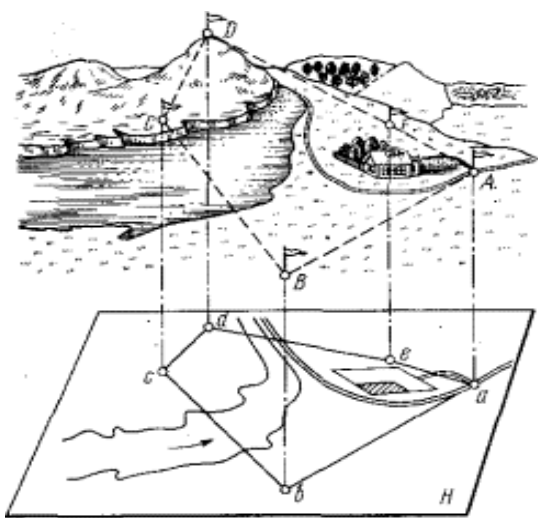


Рис. 2.1. Ортогональное проецирование местности

Сущность его состоит в том, что точки местности переносят на горизонтальную плоскость по отвесным линиям, параллельным друг другу и

перпендикулярным горизонтальной плоскости. Например, точка А местности (перекресток дорог) проецируется на горизонтальную плоскость Н по отвесной линии Аа, точка В — по линии Вb и т. д., точки а и b являются ортогональными проекциями точек А и В местности на плоскости Н.

Полученное на плоскости изображение участка земной поверхности уменьшают с сохранением подобия фигур. Такое уменьшенное изображение называется *планом местности*. Следовательно, *план местности* — это уменьшенное подобное изображение горизонтальной проекции участка поверхности Земли с находящимися на ней объектами.

Однако план нельзя составить на очень большую территорию, так как сферическая поверхность Земли не может быть развернута в плоскость без складок и разрывов. *Изображение Земли на плоскости, уменьшенное и искаженное вследствие кривизны поверхности, называют картой*.

Для построения карт точки и линии местности проектируют нормальными на поверхность эллипсоида, а затем поверхность эллипсоида по определенным математическим законам изображают на плоскости.

Таким образом, и план, и карта — это уменьшенные изображения земной поверхности на плоскости. Различие между ними состоит в том, что при составлении карты проецирование производят с искажениями поверхности за счет влияния кривизны Земли, на плане изображение получают практически без искажения.

Профилем местности называется уменьшенное изображение вертикального разреза земной поверхности по заданному направлению. Как правило, разрез местности (рис.2.2, а) представляет собой кривую линию АВС...G. На профиле (рис.2.2, б) она строится в виде ломаной линии abc...g.

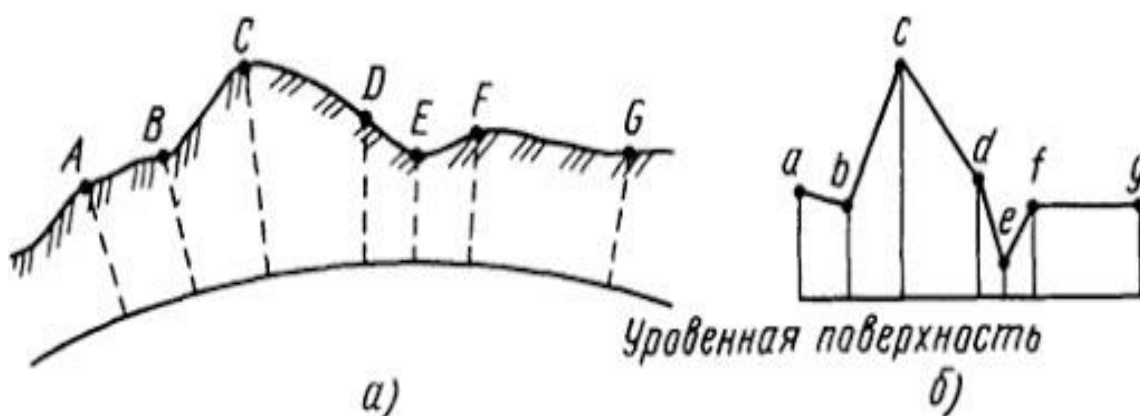


Рис. 2.2. Разрез (а) и профиль (б) местности

Уровенную поверхность изображают прямой линией; для большей наглядности вертикальные отрезки (высоты, превышения) делают крупнее, чем горизонтальные (расстояния между точками).

Вопрос 2.2. Масштабы: численный, линейный, поперечный. Точность масштаба

Для составления планов, карт и профилей результаты измерений линий на местности уменьшают в несколько сотен или тысяч раз. На степень этого уменьшения указывает масштаб.

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

$$\frac{1}{M} = \frac{s}{S_M} \quad (2.1)$$

Различают *численный* и *графические* масштабы; к последним относятся линейный и поперечный масштабы.

Численный масштаб выражается в виде дроби, числитель которой равен единице, а в знаменателе стоит число M - знаменатель масштаба плана, показывающее степень уменьшения горизонтальных проложений. На топографических картах численный масштаб подписывается внизу листа карты в виде $1:M$ например, $1:10000$. Если длина линии на карте равна s , то горизонтальное проложение S_M линии местности будет равно:

$$S_M = s * M \quad (2.2)$$

В нашей стране приняты следующие масштабы топографических карт: $1:1\ 000\ 000$, $1:500\ 000$, $1:200\ 000$, $1:100\ 000$, $1:50\ 000$, $1:25\ 000$, $1:10\ 000$. Этот ряд масштабов называется стандартным.

Линейный масштаб - это графический масштаб; он строится в соответствии с численным масштабом карты в следующем порядке:

- проводится прямая линия и на ней несколько раз подряд откладывается отрезок a постоянной длины, называемый основанием масштаба (при длине основания $a=2$ см линейный масштаб называется нормальным); для масштаба $1:10\ 000$ отрезок a соответствует 200 м;
- у конца первого отрезка ставится нуль;
- влево от нуля подписывают одно основание масштаба и делят его на 20 частей;
- вправо от нуля подписывают несколько оснований;
- параллельно основной прямой проводят еще одну прямую и между ними прочерчивают короткие штрихи (рис.2.3).

при движении вверх по трансверсали и по вертикальной линии. Теория поперечного масштаба заключается в выводе формулы цены его наименьшего деления.

Рассмотрим два подобных треугольника AF_1L_1 и AFL , из подобия которых следует:

$$\frac{F_1L_1}{FL} = \frac{AL_1}{AL} \quad , \quad (2.4)$$

откуда $F_1L_1 = FL * (AL_1 / AL)$.

По построению $FL = a/n$ и $(AL_1 / AL) = 1/m$. Подставим эти равенства в формулу (2.4) и получим:

$$F_1L_1 = \frac{a}{m * n} \quad (2.5)$$

При $m = n = 10$ имеем $F_1L_1 = a/100$, то-есть, у сотенного масштаба цена наименьшего деления равна одной сотой доле основания.

Порядок пользования поперечным масштабом:

- циркулем-измерителем зафиксировать длину линии на карте;
- одну ножку циркуля поставить на один из перпендикуляров, разделяющих основание, а другую - на любую трансверсаль, при этом обе ножки циркуля должны располагаться на одной линии, параллельной линии CD;
- длина линии составляется из трех отсчетов: отсчет целых оснований, умноженный на цену основания, плюс отсчет делений левого основания, умноженный на цену деления левого основания, плюс отсчет делений вверх по трансверсали, умноженный на цену наименьшего деления масштаба.

Точность измерения длины линии по поперечному масштабу оценивается половиной цены его наименьшего деления.

Точность масштаба. Карта или план - это графические документы. Принято считать, что точность графических построений оценивается величиной 0.1 мм. *Длина горизонтального проложения линии местности, соответствующего на карте отрезку 0.1 мм, называется **точностью масштаба**.*

Так, для плана масштаба 1/5000 точность масштаба будет $0,1 * 5000 = 0,5$ м.

Практический смысл этого понятия заключается в том, что детали местности, имеющие размеры меньше точности масштаба, на карте в масштабе изобразить невозможно, и приходится применять так называемые внемасштабные условные знаки.

Кроме понятия "точность масштаба" существует понятие "точность плана". Точность плана показывает, с какой ошибкой нанесены на план или карту точечные объекты или четкие контуры. Точность плана оценивается в

большинстве случаев величиной 0.5 мм; в нее входят ошибки всех процессов создания плана или карты, в том числе и ошибки графических построений.

Вопрос 2.3. Содержание топографических планов и карт. Условные знаки

На планах и картах изображается большое количество объектов местности – контуров с.х. угодий, лесов, кустарников, болот, прудов, рек и др. Совокупность этих объектов называется *ситуацией*.

Объекты местности (ситуация) и некоторые разновидности рельефа изображаются на топографических картах условными знаками. Различают четыре типа условных знаков: масштабные, внемасштабные, линейные и пояснительные (рис.2.5).

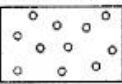


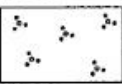

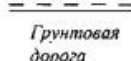
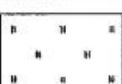

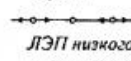
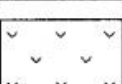

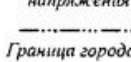
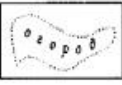
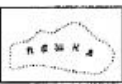


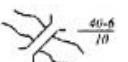



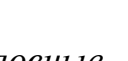
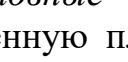
Масштабные (контурные)	Внемасштабные	Линейные
 Лес	 Отдельно стоящее дерево	 Шоссе
 Кустарник	 Межевой знак	 Грунтовая дорога
 Сенокос	 Естественные источники	 ЛЭП низкого напряжения
 Залежи	 Мельница	 Граница городских земель
 Огород	Пояснительные	
 Пашня	 дуб $\frac{9}{0,15}$	9 – средняя высота деревьев, м
	 клен $\frac{0,15}{3}$	0,15 – средняя толщина деревьев, м
	 $\frac{40-6}{10}$	40 – длина моста, м
	 $\frac{6}{10}$	6 – ширина проезжей части, м
	 $\frac{10}{10}$	10 – грузоподъемность, т
	 $\frac{30}{1,5}$	30 – ширина реки, м
	 $\frac{1,5}{1,5}$	1,5 – глубина реки, м
	 $\frac{п}{1,5}$	п – грунт дна (песок)

Рис. 2.5. Типы условных знаков

Масштабные условные знаки служат для изображения объектов, занимающих определенную площадь и выражающихся в масштабе карты. Контур вычерчивают точечным пунктиром или тонкой сплошной линией и заполняют условными значками леса, луга, сада, огорода, болота и т.д.

Внемасштабные условные знаки служат для показа объектов, не выражающихся в масштабе карты: геодезических пунктов, километровых столбов, теле- и радиовышек, фабрик, заводов, различного рода опор, и т.д. Местоположение объекта соответствует характерной точке условного знака, которая может располагаться в центре условного знака, в середине его основания и т.д.

Линейные условные знаки служат для изображения линейных объектов: дорог, ЛЭП, линий связи, различных продуктопроводов и т.д. Масштаб по линии равен масштабу карты, а в поперечнике - на несколько порядков крупнее.

Пояснительные условные знаки служат для дополнительной характеристики объектов: у брода через реку подписывают глубину и характер грунта, у моста - его длину, ширину и грузоподъемность, у дороги - ширину проезжей части и характер покрытия и т.д.

Таблицы условных знаков для карт разных масштабов составляются в соответствии с этим делением объектов; они утверждаются государственными органами и издаются в форме обязательных для исполнения документов.

Вопрос 2.5.4. Разграфка и номенклатура топографических планов и карт

Номенклатурой называется система нумерации отдельных листов топографических карт и планов разных масштабов. Схема взаимного расположения отдельных листов называется *разграфкой*.

В нашей стране принята международная система разграфки и номенклатуры топографических карт; ее основой является лист карты масштаба 1:1 000 000.

Земной шар делится меридианами на 6° зоны, а параллелями через 4° . В результате между смежными параллелями создаются *пояса*, которые обозначаются заглавными буквами латинского алфавита от экватора к северу и к югу, а между смежными меридианами образуются *колонны*. Колонны имеют порядковые номера от 1 до 60. Нумерация колонн осуществляется от Тихоокеанской ветви Гринвичского меридиана.

Номенклатура листа карты миллионного масштаба составляется из буквы ряда и номера колонны, например, N-37(рис.2.6).

Листы карты масштаба 1:500 000 получают делением листа миллионного масштаба на 4 части средним меридианом и средней параллелью.

Размеры листа - 3° между меридианами и 2° между параллелями. Номенклатуру листа карты масштаба 1:500 000 получают, добавляя к номенклатуре миллионного листа справа прописную букву русского алфавита А, Б, В, Г, например, N-37-А.

Листы карты масштаба 1:200 000 получают делением листа миллионного масштаба на 36 частей меридианами и параллелями. Размеры листа - 1° между меридианами и $40'$ между параллелями. Номенклатуру листа карты

масштаба 1:200 000 получают, добавляя к номенклатуре миллионного листа справа римскую цифру от I до XXXVI, например, N-37-XXIV.

Листы карты масштаба 1:100 000 получают делением листа миллионного масштаба на 144 части меридианами и параллелями. Размеры листа - 30' между меридианами и 20' между параллелями. Номенклатуру листа карты масштаба 1:100 000 получают, добавляя к номенклатуре миллионного листа слева числа от 1 до 144, например, N-37-144.

Листы карты масштаба 1:50 000 получают делением листа масштаба 1:100 000 на 4 части средним меридианом и средней параллелью. Размеры листа - 15' между меридианами и 10' между параллелями. Номенклатуру листа карты масштаба 1:50 000 получают, добавляя к номенклатуре листа 1:100 000 справа прописную букву русского алфавита А, Б, В, Г, например, N-37-144-А.

Листы карты масштаба 1:25 000 получают делением листа масштаба 1:50 000 на 4 части средним меридианом и средней параллелью. Размеры листа - 7'30" между меридианами и 5' между параллелями. Номенклатуру листа карты масштаба 1:25 000 получают, добавляя к номенклатуре листа 1:50 000 справа строчную букву русского алфавита а, б, в, г, например, N-37-144-А-а.

Листы карты масштаба 1:10 000 получают делением листа масштаба 1:25 000 на 4 части средним меридианом и средней параллелью. Размеры листа - 3'45" между меридианами и 2'30" между параллелями. Номенклатуру листа карты масштаба 1:10 000 получают, добавляя к номенклатуре листа 1:25 000 справа цифру от 1 до 4, например, N-37-144-А-а-1.

Листы планов масштаба 1:5 000 получают делением листа масштаба 1:100 000 на 256 частей меридианами и параллелями. Размеры листа - 1'52.5" между меридианами и 1'15" между параллелями. Номенклатуру листа плана масштаба 1:5 000 получают, добавляя к номенклатуре листа карты 1:100 000 справа в скобках число от 1 до 256, например, N-37-144-(256).

Листы планов масштаба 1:2 000 получают делением листа масштаба 1:5 000 на 9 частей меридианами и параллелями. Размеры листа - 37.5" между меридианами и 25" между параллелями. Номенклатуру листа плана масштаба 1:2 000 получают, добавляя к номенклатуре листа плана 1:5 000 справа в скобках строчную букву русского алфавита от *a* до *и*, например, N-37-144-(256-и).

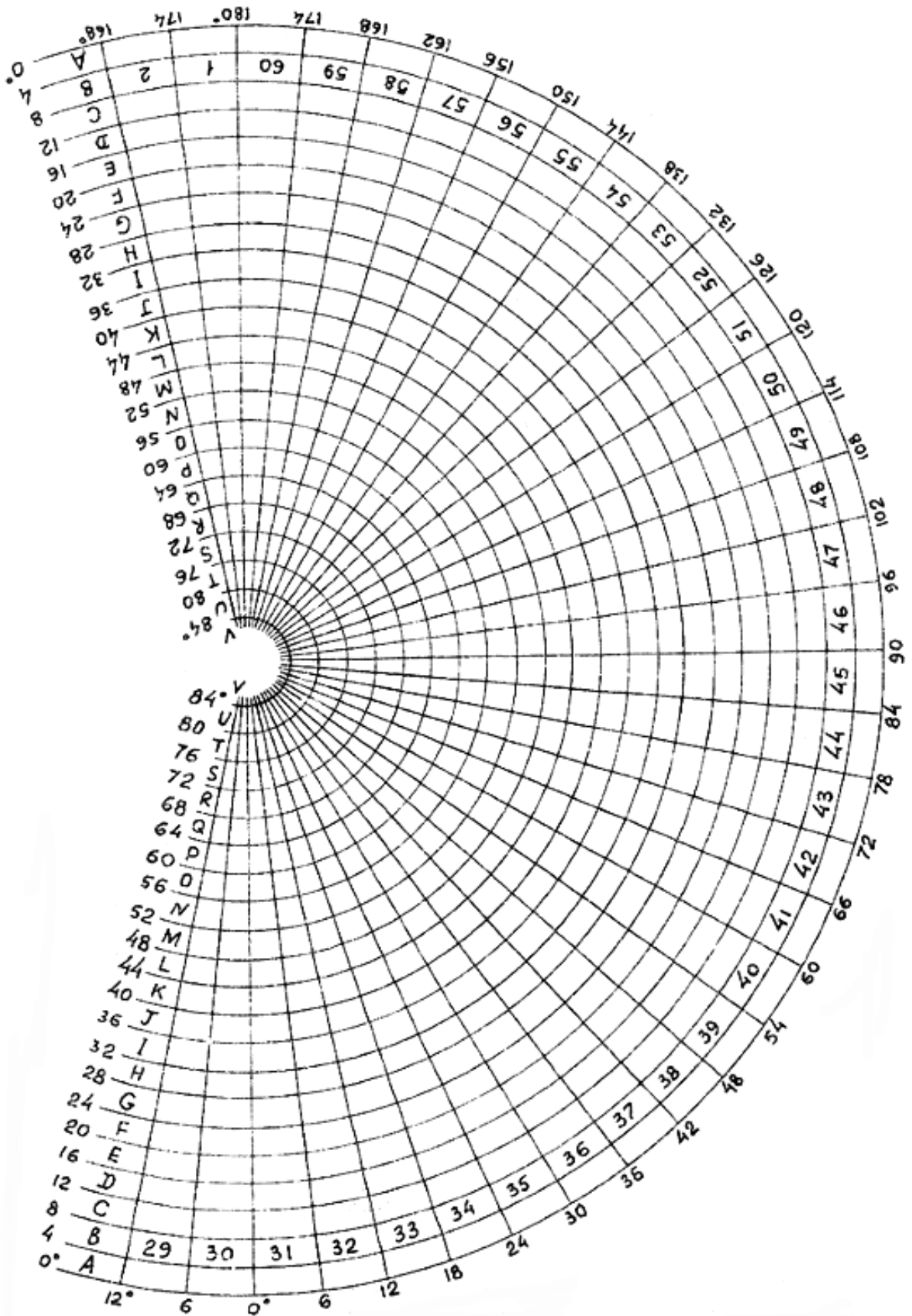


Рис. 2.6. Схема расположения листов карты масштаба 1: 1 000 000

Сводная схема разграфки и номенклатуры топографических карт показана на рис.2.7.

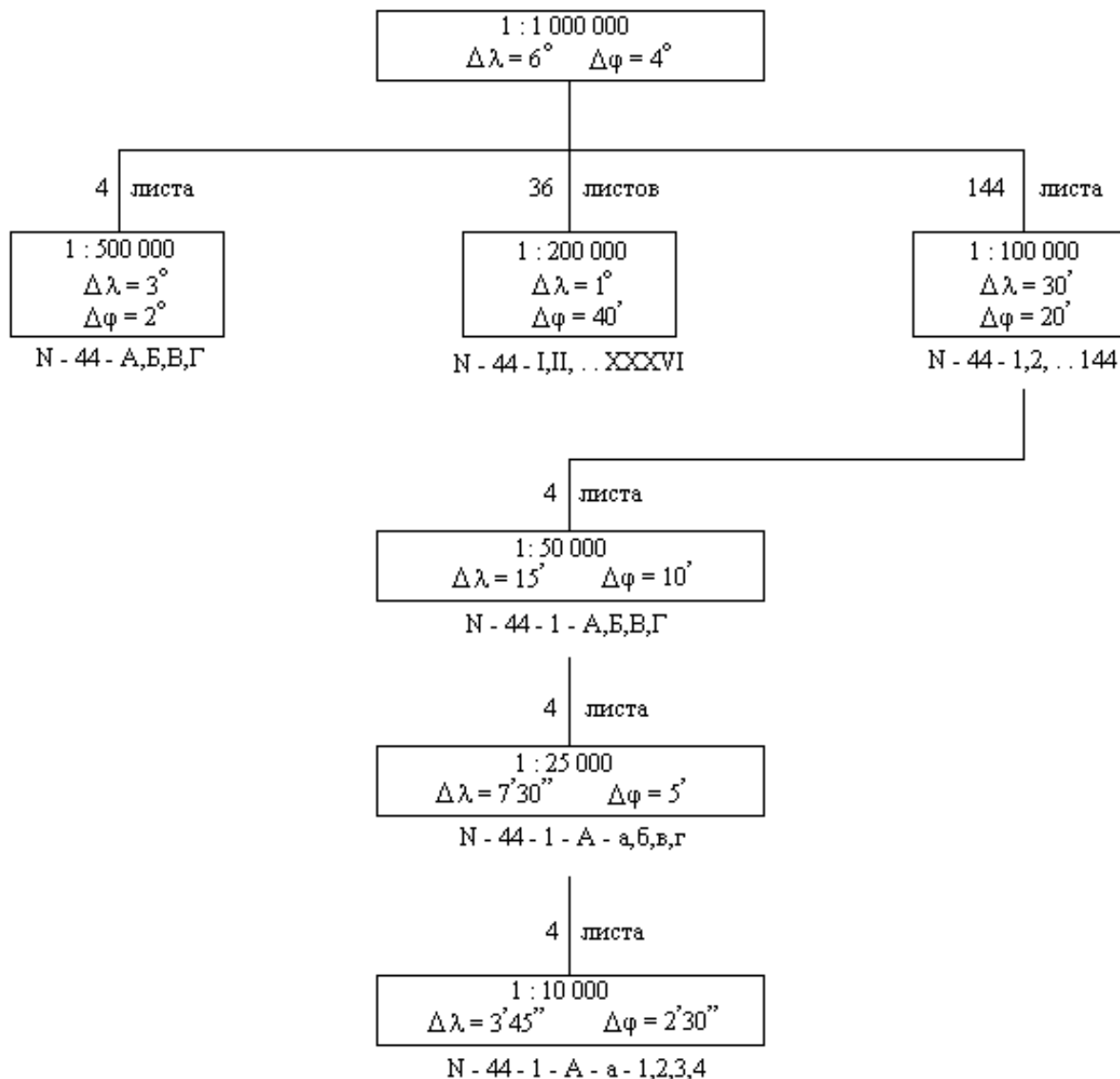


Рис. 2.8. Сводная схема разграфки и номенклатуры топографических карт

Вопрос 2.5. Ориентирование линий

Вопрос 2.5.1. Понятие об ориентировании линий

При выполнении геодезических работ на местности, работ с картой, планом возникает необходимость в определении положения линий местности относительно стран света или какого-нибудь направления, принятого за исходное.

За **исходное направление** в геодезии принимают **направление истинного (географического) меридиана**, в качестве исходного можно принять направление **магнитного меридиана**, а также в качестве исходного направления очень часто принимают направление **осевого меридиана зоны**.

Ориентировать линию – это значит определить ее положение относительно меридиана.

Вопрос 2.5.2. Истинные азимуты, прямой и обратный. Сближение меридианов

Напомним, что **меридиан** – это есть след от сечения земной поверхности плоскостью, проходящей через точку на поверхности и ось вращения Земли. При ориентировании относительно истинного или географического меридиана нужно определить угол между исходным направлением и направлением данной линии, который называется **истинным азимутом**.

Истинный (географический) азимут – угол, который отсчитывается по ходу часовой стрелки от северного направления истинного меридиана точки до данной линии. Он обозначается буквой *A* (рис.2.9,а). Пределы изменения истинного азимута от 0° до 360°.

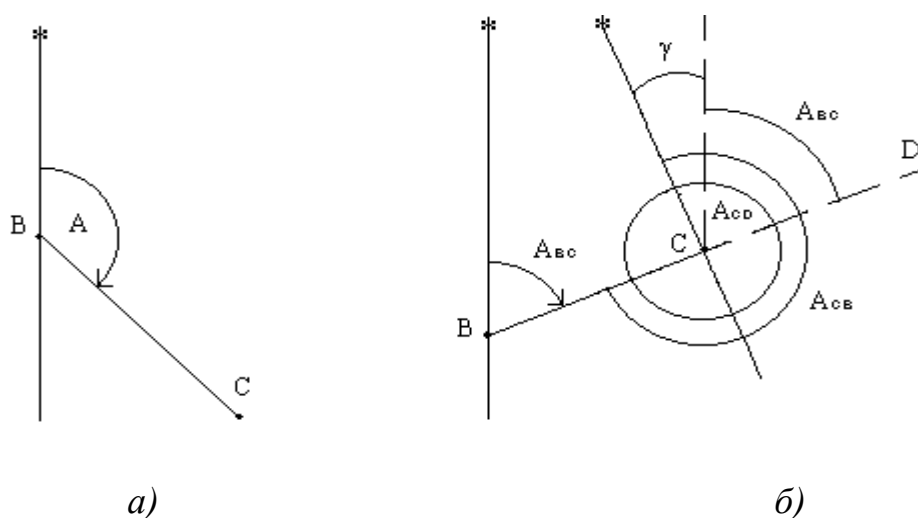


Рис. 2.9 Ориентирование линий: *a* – истинный азимут; *б* – сближение меридианов.

Азимут прямой линии в разных ее точках имеет разные значения, так как меридианы на поверхности сферы непараллельны между собой. Проведем линию *BC* и меридианы в точках *B* и *C* (рис.2.9,б). Азимут этой линии в точке *C* отличается от азимута линии в точке *B* на величину γ - **сближения меридианов** точек *B* и *C*:

$$A_{CD} = A_{BC} + \gamma \quad (2.6)$$

В геодезии различают прямое и обратное направление линии. Пусть *BC* - прямое направление линии в ее начале (в точке *B*), A_{BC} - азимут прямого

направления; СВ - обратное направление линии в ее конце (в точке С), A_{CB} - азимут обратного направления, тогда обратный азимут линии равен прямому азимуту плюс-минус 180° , плюс сближение меридианов точек начала и конца линии.

$$A_{CB} = A_{BC} + 180^\circ + \gamma \quad (2.7)$$

Для небольших линий, менее километра, сближением меридианов можно пренебречь и считать что, азимут обратный равен азимуту прямому плюс-минус 180° .

Различают восточное (положительное) и западное (отрицательное) сближение меридианов. Если конечная точка линии находится к востоку от начальной, то сближение меридианов будет восточным и положительным; если конечная точка линии лежит к западу от начальной, то сближение меридианов будет западным и отрицательным.

Формула сближения меридиана. На сфере наметим две точки А и В, лежащие на одной параллели, то есть, имеющие одинаковую широту (рис.2.10).

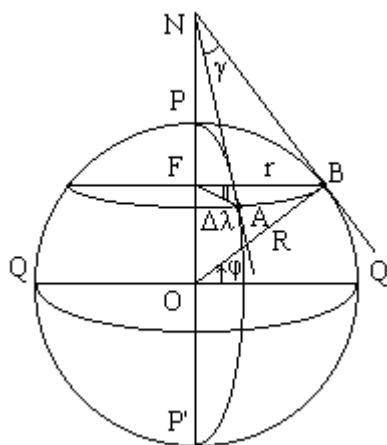


Рис. 2.10. Определение сближения меридианов по координатам точек А и В.

Проведем на поверхности сферы экватор и параллель точек А и В; в плоскости параллели проведем радиусы параллели $FA = r$ и $FB = r$; угол между ними равен разности долгот точек.

Через точки А и В проведем полуденные линии AN и BN, которые, пересекаясь на продолжении оси вращения Земли, образуют угол γ , являющийся сближением меридианов точек А и В. Требуется выразить угол γ через координаты точек А и В, то есть, через широту ϕ и долготы λ_A и λ_B , причем $\Delta\lambda = \lambda_B - \lambda_A$.

Выразим длину дуги АВ двумя способами: из $\triangle ABN$ $AB = BN * \gamma$ и из $\triangle ABF$ $AB = r * \Delta \lambda$ (углы γ и $\Delta \lambda$ выражены в радианах). Далее запишем:

$$BN * \gamma = r * \Delta \lambda, \quad (2.8)$$

откуда

$$\gamma = \Delta \lambda * \frac{r}{BN} \quad (2.9)$$

Радиус параллели выразим из $\triangle OFB$ $r = R * \cos(\varphi)$, а отрезок BN - из $\triangle ONB$ $BN = R * \operatorname{ctg}(\varphi)$, где R - радиус сферы; тогда

$$\gamma = \Delta \lambda * \sin(\varphi),$$

или
$$\gamma = (\lambda_A - \lambda_B) * \sin(\varphi) \quad (2.10)$$

В этой формуле размерность γ соответствует размерности λ .

Гауссово сближение меридианов. Частным случаем сближения меридианов является гауссово сближение меридианов, когда начальная точка А лежит на осевом меридиане зоны. Величина гауссова сближения меридианов, равного сближению меридиана точки и осевого меридиана зоны, является одной из характеристик положения точки внутри зоны. Формула гауссова сближения меридианов имеет вид

$$\gamma_r = (L - L_0) \sin(B) \quad (2.11)$$

Буквами L и B здесь обозначены геодезические долгота и широта точки, буквой L_0 - долгота осевого меридиана зоны. В пределах зоны гауссово сближение меридианов не может превышать величины $3^\circ * \sin(B)$.

Вопрос 2.6.3. Дирекционные углы, румбы. Формулы связи дирекционного угла с румбом

В системе прямоугольных координат углами ориентирования являются дирекционные углы.

Дирекционным углом линии называется угол, отсчитываемый по ходу часовой стрелки от северного направления осевого меридиана зоны до направления линии; он обозначается буквой α . Пределы изменения дирекционного угла от 0° до 360° .

Кроме географического и магнитного азимутов и дирекционного угла к ориентирным углам относятся также румбы.

Румб - это острый угол отсчитываемый от ближайшего направления меридиана до направления линии; он обозначается буквой *r*. Пределы изменения румба от 0° до 90°. Название румба зависит от названия меридиана: истинный (географический), магнитный и дирекционный (или осевой).

Для однозначного определения направления по значению румба он сопровождается названием четверти:

- 1 четверть - СВ (северо-восток),
- 2 четверть - ЮВ (юго-восток),
- 3 четверть - ЮЗ (юго-запад),
- 4 четверть - СЗ (северо-запад),

например, $r = 30^\circ$ ЮВ.

Связь румба с соответствующим азимутом выявляется из рис.2.11.

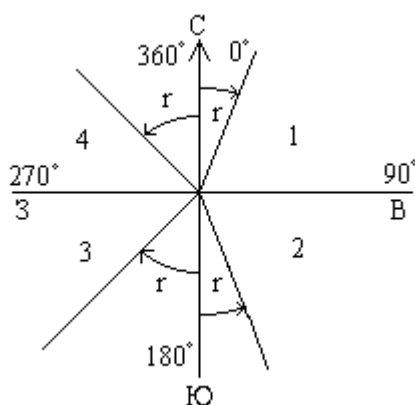


Рис. 2.11. Связь румба с дирекционным углом

- 1 четверть $r = \alpha$; $\alpha = r$;
- 2 четверть $r = 180^\circ - \alpha$; $\alpha = 180^\circ - r$;
- 3 четверть $r = \alpha - 180^\circ$; $\alpha = 180^\circ + r$;
- 4 четверть $r = 360^\circ - \alpha$; $\alpha = 360^\circ - r$.

Вопрос 2.6.4. Магнитный азимут. Склонение магнитной стрелки.

График ориентирования

При составлении плана на небольшой участок разрешается ориентировать линии по направлению магнитного меридиана. *Направлением магнитного меридиана называют линию, получающуюся в пересечении вертикальной плоскости, проходящей через полюс магнитной стрелки, с горизонтальной плоскостью.*

Магнитным азимутом называется угол, отсчитанный по ходу часовой стрелки от северного направления магнитного меридиана точки до направления линии; он обозначается буквой A_M . Пределы изменения магнитного азимута от 0° до 360°.

Проведем через одну и ту же точку В истинный (географический) меридиан N и магнитный меридиан N_M ; угол между ними называется склонением магнитной стрелки и обозначается буквой δ . Если северный конец магнитной стрелки отклоняется к востоку от географического меридиана, то склонение считается восточным и положительным; если к западу, - то западным и отрицательным (рис.2.12).

Магнитное склонение – величина не постоянная, известны его суточные, годовые и вековые изменения. Уточнённую величину магнитного склонения можно узнать на метеостанциях и по специальным картам, среднее значение приводится на топографических картах.

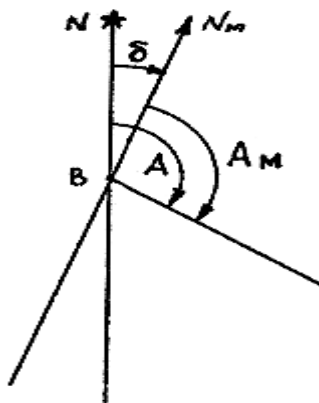


Рис. 2.12. Склонение магнитной стрелки

Направление ВС характеризуется двумя ориентирными углами: истинным азимутом и магнитным азимутом; из рисунка 2,13 видно, что

$$A = A_M + \delta \quad (2.14)$$

Учитывая формулу связи географического азимута и дирекционного угла линии (2.13), можно написать:

$$A = A_M + \delta = \alpha + \gamma_r \quad (2.15)$$

и

$$\alpha = A_M + \delta - \gamma_r = A_M + \Pi \quad (2.16)$$

где Π - поправка за склонение магнитной стрелки и сближение меридианов.

Вопрос 2.6. Рельеф местности

Вопрос 2.6.1. Рельеф местности. Основные формы рельефа

Совокупность неровностей на земной поверхности называется **рельефом**.

Несмотря на большое разнообразие неровностей земной поверхности, можно выделить основные формы рельефа (рис.2.20): *гора, котловина, хребет, лощина, седловина*.

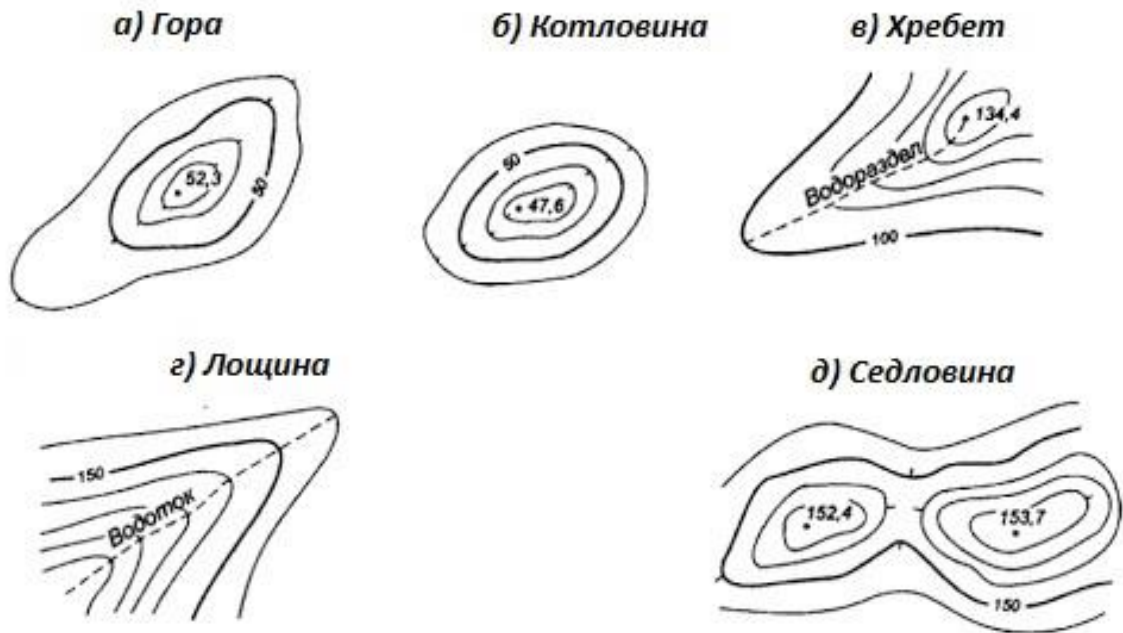


Рис. 2.13. Основные формы рельефа

Гора (или холм) - это возвышенность конусообразной формы. Гору высотой менее 200 м называют *холмом*. Она имеет характерную точку - *вершину*, *боковые скаты* (или склоны) и характерную линию - *линию подошвы*. Линия подошвы - это линия слияния боковых скатов с окружающей местностью. На скатах горы иногда бывают горизонтальные площадки, называемые *уступами*.

Котловина - это углубление конусообразной формы. Котловина имеет характерную точку - *дно*, боковые скаты (или склоны) и характерную линию - *линию бровки*. *Линия бровки* - это линия слияния боковых скатов с окружающей местностью.

Хребет - это возвышенность удлинённой формы. Он имеет характерные линии: линию вдоль хребта, проходящую по самым высоким точкам, называют *линией водораздела*, и две линии подошвы.

Лощина - это вытянутое и постепенно понижающееся углубление. Лощина имеет характерные линии: одну линию *водослива* (или линию

тальвега), которая проходит по самым низким точкам лоцины, и две линии *бровки*.

Седловина - это небольшое понижение между двумя соседними горами; как правило, седловина является началом двух лоцин, понижающихся в противоположных направлениях. Седловина имеет одну характерную точку - точку седловины, располагающуюся в самом низком месте седловины.

Существуют разновидности перечисленных основных форм, например, разновидности лоцины: *долина, овраг, каньон, промоина, балка* и т.д. Иногда разновидности основных форм характеризуют особенности рельефа конкретного участка местности, например, в горах бывают *пики* - остроконечные вершины гор, *ущелья, теснины, щеки, плато, перевалы* и т.д.

Вершина горы, дно котловины, точка седловины являются *характерными точками рельефа*; линия водораздела хребта, линия водослива лоцины, линия подошвы горы или хребта, линия бровки котловины или лоцины являются *характерными линиями рельефа*.

Вопрос 2.6.2. Изображение рельефа на топографических планах и картах. Горизонтالي и их свойства

Способ изображения рельефа на топографических планах и картах должен обеспечивать хорошее пространственное представление о рельефе местности, надежное определение направлений и крутизны скатов и высот отдельных точек, решение различных инженерных задач.

За время существования геодезии было разработано несколько способов изображения рельефа на топографических планах и картах. Перечислим некоторые из них.

1. Способ отмывки. Этот способ применяется на мелкомасштабных картах. Поверхность Земли показывается коричневым цветом: чем больше высота, тем гуще цвет. Глубины моря показывают голубым или зеленым цветом: чем больше глубина, тем гуще цвет.
2. Способ штриховки, которая наносится параллельно скату по принципу: чем круче склон, тем толще штрих.
3. Способ высот. При этом способе на карте подписывают высоты отдельных точек местности.
4. Способ горизонталей.

В настоящее время на топографических картах применяют способ горизонталей в сочетании со способом высот, причем на одном квадратном дециметре карты подписывают, как правило, не менее пяти высот точек.

Способ горизонталей. Горизонталь - след, получающийся от сечения земной поверхности уровенной поверхностью. Сущность способа горизонталей можно понять из рис.2. 14.

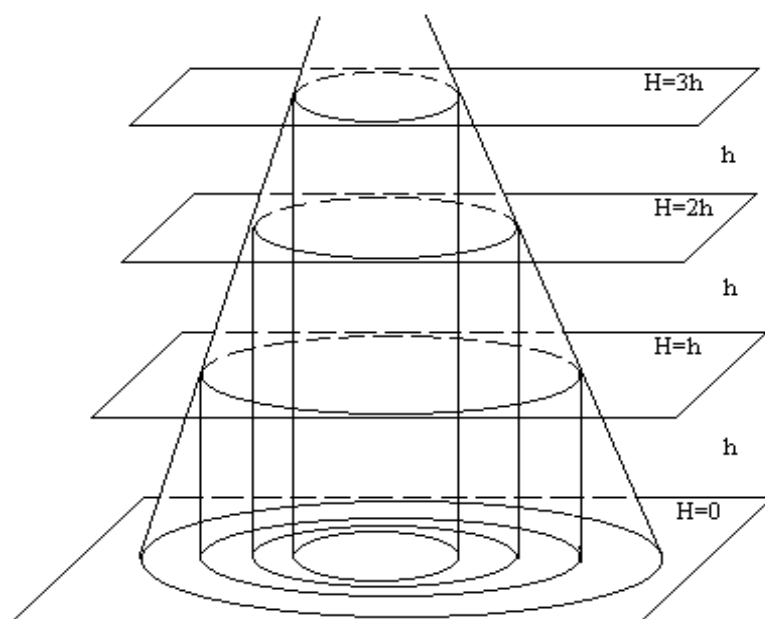


Рис. 2. 14. Сущность способа горизонталей

Мысленно рассечем участок местности горизонтальной плоскостью на высоте H . Линия пересечения этой плоскости с поверхностью Земли называется *горизонталью*. *Горизонталь на местности* - это замкнутая кривая линия, все точки которой имеют одинаковые высоты.

Для того, чтобы изобразить горизонталями рельеф участка местности, нужно рассечь его не одной, а несколькими горизонтальными плоскостями, расположенными на одинаковом расстоянии по высоте одна от другой. Это расстояние называется *высотой сечения рельефа* и обозначается буквой h . На местности горизонтали не пересекаются, так как они лежат в разных параллельных плоскостях.

Свойства горизонталей:

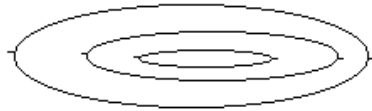
1. горизонтали никогда не пересекаются;
2. все точки на горизонтали имеют одинаковую высоту;
3. высота горизонтали кратна высоте сечения рельефа;
4. чем круче скат, тем гуще горизонтали.

Все основные формы рельефа имеют свой рисунок горизонталей; при этом и гора и котловина изображаются системами замкнутых горизонталей (рис.2.15). Чтобы различить эти формы рельефа, а также для некоторых других целей на карте принято показывать направление скатов вниз; для этого применяются *бергштрихи* - короткие штрихи, перпендикулярные горизонталям и направленные по скату вниз.

Для выражения характерных особенностей рельефа рекомендуется проводить полугоризонтали и четвертьгоризонтали; они проводятся штриховыми линиями через половину и четверть сечения рельефа на отдельных участках карты (где расстояние между основными горизонталями слишком большое).



а) Котловина



б) Гора

Рис. 2.15. Изображение горы и котловины замкнутыми горизонталями

Каждая пятая основная горизонталь при $h = 1, 2, 5, 10$ м и каждая четвертая при $h = 0.5$ и 2.5 м утолщаются. Отметки некоторых горизонталей на карте подписывают, ориентируя основания цифр вниз по склону.

Вопрос 2.6.3. Уклон линии и его определение

Уклоном линии (i) – называют отношение превышения h между точками к горизонтальному проложению между ними.

$$i = \frac{h}{a} \quad (2.17)$$

Рассечем скат горы горизонтальными плоскостями при высоте сечения h (рис.2.16); на участке BC скат имеет угол наклона v_1 , на участке CD - угол наклона v_2 . Расстояние a_1 - это горизонтальное проложение линии ската BC ; оно называется заложением.

Из рис.2.16 следует, что уклон линии есть тангенс угла наклона, поэтому

$$i = \operatorname{tg} v = \frac{h}{a} \quad (2.18)$$

Измерив на карте отрезок a и зная высоту сечения рельефа h , по формуле (2.17) можно вычислить уклон линии (тангенс угла наклона), а затем и сам угол наклона v .

Уклон линии может быть положительным или отрицательным в зависимости от знака превышения.

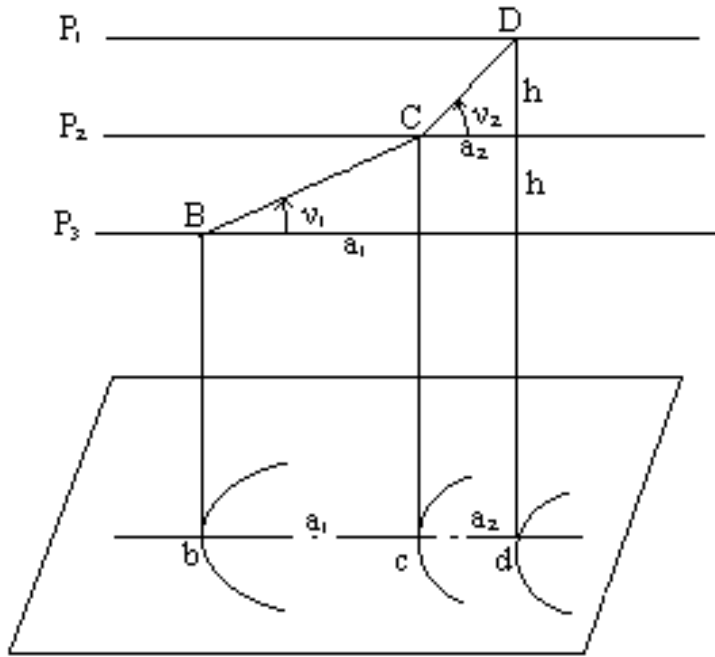


Рис. 2.16. Определение уклона линии

Например, $h = +2,5 \text{ м}$, $a = 60,5 \text{ м}$, $i = +2,5/60,5 = +0,0413$ $v = 2^{\circ} 22'$.

Уклон обычно выражают в процентах или промилле (промилле - это тысячная доля единицы). В данном случае уклон равен $+41,3\%$ (промилле) или $4,13\%$.

График заложений. Для быстрого определения угла наклона между точками, лежащими на соседних горизонталях, пользуются специальным графиком на карте, который называется графиком заложений. Он строится следующим образом (рис.2.17):

- вычисляют заложение ската по заданной высоте сечения рельефа для разных углов наклона $0,5^{\circ}$, 1° , 2° и т.д.;

$$a = h \cdot ctg v \quad (2.19)$$

- проводят прямую линию и откладывают на ней равные отрезки длины, которые подписывают в градусах угла наклона;
- перпендикулярно этой линии откладывают в масштабе карты заложения ската a , вычисленные для каждого значения угла наклона;
- соединяют полученные точки плавной кривой.

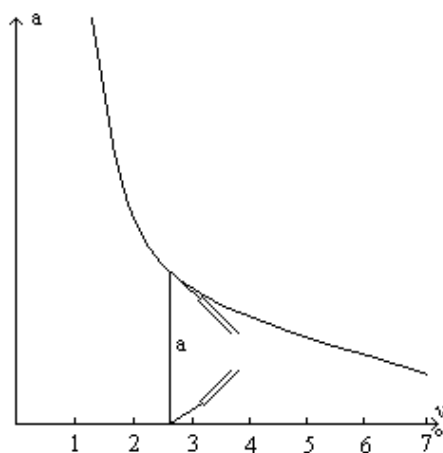


Рис. 2.17. График заложений

Если требуется определить угол наклона для конкретного заложения ската a , раствором циркуля, равным a , находят соответствующее место на графике и считывают угол наклона (на рис.2.24 $v = 2^\circ 30'$).

Аналогично можно построить график заложения для уклонов i .

График заложения помещается внизу листа карты справа.

Вопрос 2.6.4. Решение задач по карте с горизонталями

1. *Расчет высоты сечения рельефа.* При проектировании работ по созданию карты или плана высоту сечения рельефа h выбирают в зависимости от масштаба карты, характера рельефа и назначения карты или плана. При этом условились изображать горизонталями скаты до 45° ; скаты большей крутизны изображают специальным условным знаком обрыва. С другой стороны, расстояние между горизонталями на карте нельзя уменьшать до бесконечности, иначе они сольются. Считается, что наименьшее расстояние между горизонталями может быть 0.2 мм. При $a_{\min} = 0.2$ мм и $v_{\max} = 45^\circ$ высоту сечения рельефа для конкретного масштаба можно подсчитать по формуле:

$$h = a_{\min} * M * tg(v_{\max}) \quad (2.20)$$

Например, для масштаба $1:M = 1:5\ 000$ получим $h = 1$ м.

По формуле (2.28) находят так называемую расчетную высоту сечения рельефа. В зависимости от характера рельефа [6] рекомендуется для планов масштаба 1:5000 несколько значений высоты сечения рельефа:

- для плоскоравнинной местности $h = 0.5$ м или $h = 1$ м;
- для равнинной и всхолмленной местности $h = 1$ м или $h = 2$ м;
- для горной местности $h = 5$ м.

Правильный выбор высоты сечения рельефа очень важен с экономической точки зрения, так как при уменьшении высоты сечения возрастает объем работ и расходы на производство съемки.

Пользуясь уклоном можно вычислить высоту точки В, зная высоту точки А, уклон и горизонтальное проложение линии АВ.

Напомним, что превышение h – это есть разность высот точек, и оно равно произведению уклона на горизонтальное проложение S . т.е.

$$h_{AB} = H_B - H_A = i * S$$

Отсюда

$$H_B = H_A + h_{AB} = H_A + i * S \quad (2.21)$$

2. *Определение высоты точки В, лежащей между горизонталями* (рис.2.18,а).

Для этого через точку В проводят прямую АС, как кратчайшее расстояние между соседними горизонталями и по плану определяют расстояния АС и АВ = s . Решение задачи сводится к вычислению h по формуле (2.20). На рис.2.18,б, представляющим профиль местности $h = B'B$, а высота сечения рельефа $h_C = C'C$.

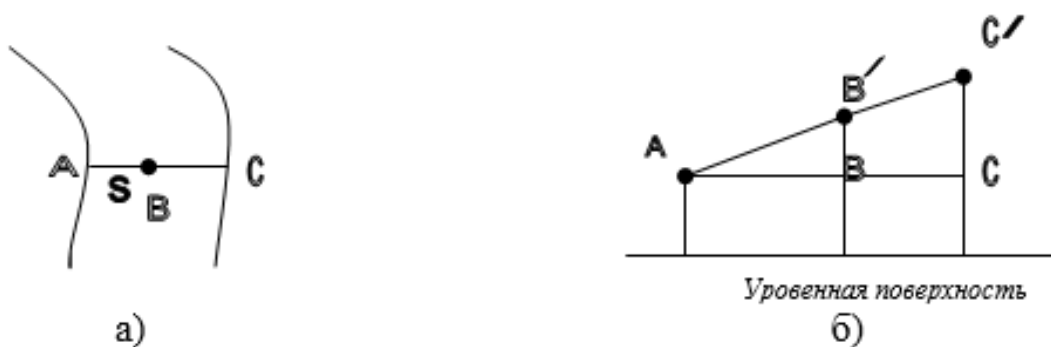


Рис. 2.18. Определение высоты точки В

Из подобия треугольников АС'С и АВ'В следует

$$\frac{h}{s} = \frac{h_C}{AC} \quad (2.22)$$

но $\frac{h_C}{AC} = i$, поэтому $h_{AB} = is$. Теперь по формуле (2.21) определяем искомую высоту точки В.

Пример. $h=2,5$ м; $H_A=122,5$ м; $AC=136$ м; $s=76$ м.

$$H_B = 122,5 + \frac{2,5}{136} 76 = 122,5 + 1,40 = 123,9 \text{ м.}$$

3. *Проведение горизонталей по высотам точек.* Чтобы провести на карте (или плане) горизонтали, необходимо иметь точки с известными высотами, которые назовем пикетами. Пусть даны точки 1, 2, 3, 4 (рис.2.19), и предполагается, что вдоль линий 1-2, 1-3, 1-4, 2-3 и 3-4 местность имеет равномерный уклон. Требуется провести горизонтали внутри участка, ограниченного линиями 1-2, 2-3, 3-4, 4-5; высота сечения рельефа $h=1$ м.

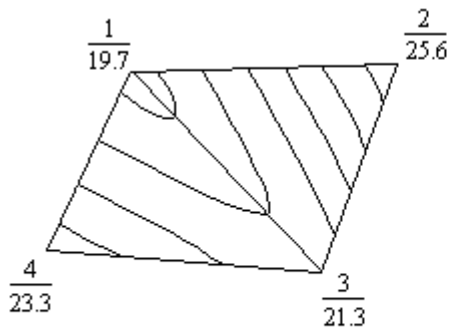


Рис. 2.19. Равный уклон местности

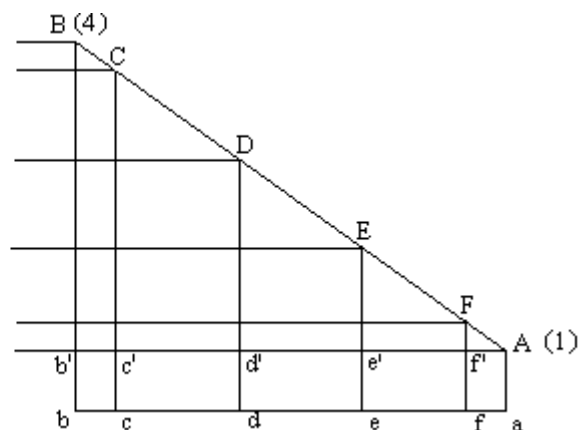


Рис. 2.20. Интерполирование горизонталей

Процесс нахождения на линии, соединяющей две точки, точек, через которые пройдут горизонтали, называется **интерполированием горизонталей**. Известны три способа интерполирования: *аналитический*, *графический* и *на глаз*.

Рассмотрим *аналитический способ*, являющийся основой для двух остальных способов. На рис.2.20 проведем линию местности, например, 4-1, и ее горизонтальную проекцию и затем покажем секущие плоскости, проходящие через 1 м по высоте. Обозначим точки линии 4-1 буквами А, F, E, D, С, В. Спроектируем эти точки пересечения секущих плоскостей с линией 4-1 на ее горизонтальную проекцию, получим точки а, f, e, d, с, b. Задача заключается в вычислении расстояний af, ae, ad, ac.

Из подобия треугольников FАf' и ВАb' имеем:

$$Af'/Ab' = Ff'/Bb' , \tag{2.23}$$

откуда

$$Af' = Ab'*(Ff'/Bb') \tag{2.24}$$

и

$$af = Af' = Ab'*(H_F - H_1)/(H_4 - H_1).$$

Обозначим Ab' через s и запишем окончательно:

$$af = s * \frac{(H_F - H_1)}{(H_4 - H_1)} \quad (2.25)$$

Если рис.2.27 построить в масштабе карты (плана), то отрезок s можно взять прямо с карты; высоты пикетов 1 и 4 известны, высота точки F равна высоте первой секущей плоскости выше точки A .

Аналогично можно вычислить остальные отрезки. Отложив их на линии 4-1, получим на ней искомые точки.

На отрезках 1-2, 2-3 и других таким же образом найдем точки их пересечения с горизонталями. Затем плавными линиями соединим точки с одинаковыми высотами и получим рисунок горизонталей.

Аналитический способ применяют довольно редко ввиду его большой трудоемкости. Гораздо чаще применяют графический способ, при котором используется палетка (лист прозрачной бумаги или пластика), на котором проведены параллельные или расходящиеся прямые линии. Интерполирование на глаз применяют при небольших расстояниях между точками и при малых разностях высот точек.

Вопрос 2.7. Определение площадей

Вопрос 2.7.1. Аналитический способ

Если участок представляет собой замкнутый многоугольник, то, сняв с плана прямоугольные координаты его вершин, площадь участка вычисляют по формуле:

$$S = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{i=n} x_i (y_{i+1} - y_{i-1}) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{i=n} y_i (x_{i-1} - x_{i+1}),$$

где i - номера вершин многоугольника, пронумерованных по ходу часовой стрелки.

По этой же формуле можно вычислить площадь с криволинейными границами, если координаты точек границы сняты так часто, что отрезки между точками можно считать прямыми. В последнем случае съём координат выполняют с помощью специального прибора – дигитайзера, а вычисления выполняют на ЭВМ.

2.7.2. Графический способ

Графические способы. Участок на плане разбивают на простые геометрические фигуры (обычно – треугольники), элементы которых измеряют с помощью измерителя и поперечного масштаба, а площади вычисляют по известным формулам и суммируют.

Разбиение площади на простые фигуры выполняют также, применяя палетки. Палетка – лист прозрачного материала (восковки, лавсана, пластика), на который нанесена сетка квадратов размером 2×2 мм или система равноотстоящих параллельных линий. Наложив палетку с квадратами на план,

подсчитывают число квадратов, уместившихся в измеряемой площади, оценивая дробные части квадратов на краях участка на глаз. Результат подсчёта умножают на площадь одного квадрата.

Палеткой с параллельными линиями площадь делится на трапеции, в каждой из которых измеряют длину средней линии. Суммируя площади трапеций, равные произведению длины средней линии на расстояние между линиями, определяют площадь участка.

Точность определения площади с помощью палеток - 1/50.

2.7.3. Устройство планиметра Механический способ

Механический способ определения площадей менее точный, но наиболее распространенный, поскольку пользуясь им можно быстро и просто определять на карте или плане площадь участка любой формы с помощью специальных приборов – планиметров.

Из многочисленных конструкций планиметров наиболее широкое распространение получила модернизированная модель полярного планиметра ПП-М (рис. 2.21).

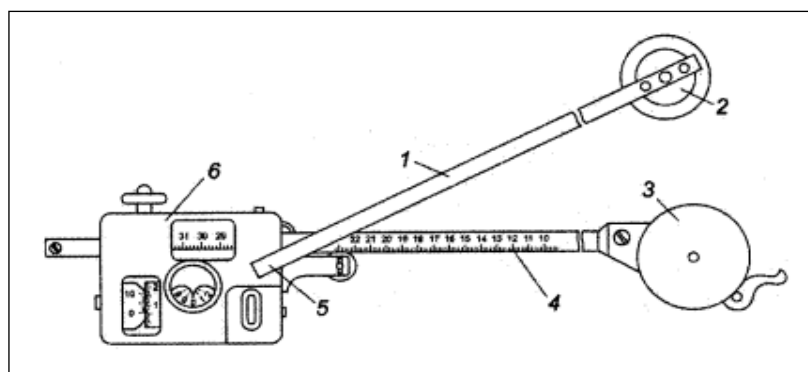


Рис. 2.21. Общий вид полярного планиметра ПП-М

Полярный планиметр ПП-М состоит из двух рычагов – полюсного *1* и обводного *4*. В нижней части груза *2*, закрепленного на одном из концов полюсного рычага, имеется игла – полюс планиметра. На втором конце полюсного рычага находится штифт с шарообразной головкой, вставляемый в гнездо *5* каретки *6* обводного рычага. На конце обводного рычага имеется линза *3*, на которой нанесена окружность с обводной точкой в центре.

Каретка *6* имеет счетный механизм (рис. 2.22), который состоит из счетного ролика *8* и счетчика целых оборотов счетного ролика *7*.

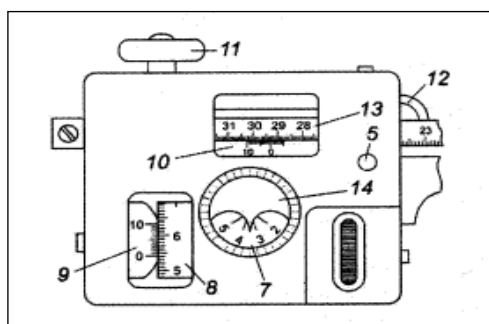


Рис. 2.22. Устройство каретки со счетным механизмом полярного планиметра ПП-М

Для отсчетов по счетному ролику имеется специальное устройство – верньер 9. При обводе контура участка обводной точкой линзы 3 ободок счетного ролика и колесо 11 катятся или скользят по бумаге.

Каретка со счетным механизмом после ослабления винта 12 может передвигаться вдоль обводного рычага 4, изменяя тем самым его длину. Необходимая длина обводного рычага 4 устанавливается на шкале делений 13 при помощи верньера 10.

Тысячная доля окружности счетного ролика 8 называется делением планиметра. Окружность счетного ролика разделена на 100 частей, т.е. каждая часть содержит 10 делений планиметра. Каждый десятый штрих счетного ролика оцифрован.

Отсчет по планиметру состоит из четырех цифр. Например, на рис.2.23 отсчет по счетному механизму составляет 4565.

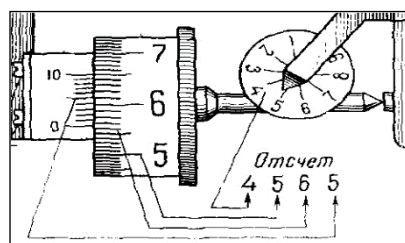


Рис. 2.23. Отсчет по счетному механизму

Так, первая цифра – ближайшая к указателю 14 наименьшая цифра счетчика оборотов 7. Вторая и третья цифры берутся по счетному ролику 8: вторая – номер подписанного штриха счетного ролика 8 недошедшего до нуля верньера 9, третья – количество неподписанных штрихов счетного ролика 8 недошедших до нуля верньера. Четвертая цифра – номер штриха верньера 9, совпадающего с каким-либо штрихом счетного ролика 8.

При работе с планиметром необходимо соблюдать следующие условия:

- план натягивают на гладкой горизонтальной поверхности;
- полюс планиметра устанавливают вне обводного контура, бегло обводят его и убеждаются в том, что углы между рычагами не менее 30° и не более 150° , при этом следя за тем, чтобы обводное колесо не соскакивало с поверхности плана;

- начальную точку контура для установки обводного рычага выбирают так, чтобы в начале обвода счетный ролик вращался медленно, а угол между рычагами планиметра был приблизительно равен 90° ;

- ручку обводного рычага следует держать свободно, без напряжения;
- обвод по контуру производить равномерно, но не быстро.

Для правильной работы планиметра необходимо, чтобы выполнялось следующее основное геометрическое условие планиметра: направление рифельных штрихов на обводке счетного ролика должно быть параллельно оси обводного рычага. Если условие не выполняется, то угол между направлением рифельных штрихов и осью обводного рычага изменяют, вращая юстировочный винт планиметра.

Вопрос 2.7.4. Определение цены деления планиметра

Цена деления планиметра C – это площадь в га или m^2 , соответствующая одному делению планиметра (τ). Её теоретическая величина определяется формулой:

$$C = R \cdot \tau \cdot M^2,$$

где R – длина обводного рычага;

τ – одно деление планиметра, равное $1/1000$ обводка счетного ролика;

M – знаменатель численного масштаба плана.

Цену деления планиметра определяют при фиксированной длине рычага R . Устанавливают длину рычага R , закрепив эту величину с помощью винта. Например, на рис. 2.24 длина обводного рычага R равна 155,9 мм.

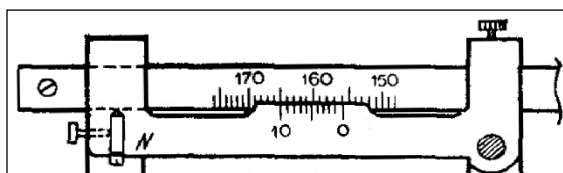


Рис. 2.24. Установка длины обводного рычага

Для практического определения цены деления дважды обводят контур с заранее известной площадью (P_0). В качестве такого контура в данной лабораторной работе выбирают на плане теодолитной съемки один квадрат координатной сетки, площадь которого равна 4 га.

Например, при обводе квадрата получили следующие отсчеты:

$$u_1 = 2508;$$

$$u_2 = 3547;$$

$$u_3 = 4587.$$

Их разности составили:

$$\Delta u_1 = u_2 - u_1 = 3547 - 2508 = 1039;$$

$$\Delta u_2 = u_3 - u_2 = 4587 - 3547 = 1040.$$

Расхождение разностей отсчетов не должно превышать 4 деления планиметра ($\Delta u_1 - \Delta u_2 \leq 4$). При допустимом расхождении вычисляют среднее значение разностей (Δu_{cp}). В нашем примере $\Delta u_{cp} = 1039,5$.

Далее по формуле определяют цену деления планиметра

$$C = \frac{P_o}{\Delta u_{cp}} = \frac{4,2a}{1039,5} = 0,003852a$$

Чтобы повысить точность определения цены деления планиметра, квадрат координатной сетки обводят четыре раза: два раза при положении полюс право (ПП), два раза при положении полюс лево (ПЛ). Цену деления вычисляют до четырех значащих цифр. Результаты по определению цены деления планиметра записывают в соответствующую таблицу

Если цена деления планиметра C_1 определена для плана одного масштаба ($1/M_1$), то её можно вычислить для плана другого масштаба ($1/M_2$), т.е. найти C_2 по формуле:

$$C_2 = \left(\frac{M_2^2}{M_1^2} \right) \cdot C_1$$

Цену деления планиметра можно изменять, изменив длину обводного рычага. Если цена деления C_1 определена по длине обводного рычага R_1 , то нетрудно определить на какой отсчет нужно установить рычаг R_2 , чтобы цена деления оказалась равной C_2 :

$$R_2 = \left(\frac{C_2}{C_1} \right) \cdot R_1 \quad ($$

2.7.5. Механический способ.

Площадь контура пашни определяют на плане при помощи планиметра следующим образом. Установив обводную точку над какой-либо точкой контура, снимают по счетному механизму начальный отсчет u_1 . В нашем примере эта величина равна $u_1 = 4759$. После обвода контура снимают конечный отсчет u_2 . В нашем случае он равен $u_2 = 5233$ (табл. 2.1). Затем находят разность двух отсчетов: $\Delta u_1 = u_2 - u_1 = 5233 - 4759 = 474$. Для контроля контур обводят дважды и вычисляют вторую разность отсчетов:

$$\Delta u_2 = u_3 - u_2 = 5706 - 5233 = 473.$$

При допустимом расхождении между Δu_1 и Δu_2 не более четырех делений планиметра, вычисляют среднее значение разностей Δu_{cp} . В нашем примере $\Delta u_{cp} = 473$.

Оно соответствует площади контура пашни, выраженной в делениях планиметра. В нашем примере эта величина $P = \Delta u_{cp} = 473,5$ делений планиметра (табл. 2.1). Зная цену деления планиметра C в $га$ (или квадратных метрах) площадь пашни вычисляют по формуле:

$$P = C \cdot \Delta_{\text{иср}}$$

В нашем примере площадь пашни $P = 0,00385 \cdot 473,5 = 1,82298 \text{ га}$.

Таблица 2.1. **Определение площадей контуров ситуации планиметром**

Участок №1526;

Планиметр: ПП-М № 1516;

$C = 0,00385 \text{ га}$;

$R = 155,9 \text{ мм}$;

$M = 2000$;

Исполнитель: Зубок О. А.

№	НАЗВАНИЕ УГОДИЙ	Отсчеты планиметра	Разности отсчетов	Среднее из разностей	Площади в га	Поправки, га	Увязанная площадь, га
1	Пашня	4759 5233 5706	474 478	473,5	1,82298	+0,00217	1,82515
2	Огород	4609 4701 4794	92 93	92,5	0,35613	+0,00217	0,35830
3	Сенокос	1133 1437 1740	304 303	303,5	1,16848	+0,00217	1,17065
4	Кустарник	3715 4270 4828	555 558	556,5	2,14253	+0,00217	2,14470
5	Пастбище	5199 5329 5459	130 130	130	0,50050	+0,00217	0,50267
6	Сенокос заболоченный				0,53799	+0,00217	0,54016
7	Сад				0,81088	+0,00217	0,81305
8	Под домом				0,01160	+0,00217	0,01377
9	Пруд				0,16828	+0,00217	0,17045
10	Ручей				0,10677	+0,00217	0,10894
					$\sum P_{\text{пр}} = 7,62619$	$\delta = +0,02171$	
					$\sum P_{\text{теор}} = 7,64784$		
					$f_p = 0,02165$		
					$f_{p_{\text{доп}}} = 0,03618$		

Общую площадь полигона, вычисленную как сумму площадей внутренних контуров ситуации, необходимо увязать с площадью полигона (землепользования) определенной аналитическим способом. Для этого вычисляют невязку по формуле:

$$f_P = \sum P_{np} - \sum P_m$$

где P_{np} – практическая площадь полигона, определяемая как сумма площадей отдельных контуров;

P_m – теоретическая площадь полигона, определенная по координатам вершин аналитическим способом.

Допустимая невязка в сумме площадей контуров определяется по формуле:

$$f_{P_{\text{дон}}} = 0,7C\sqrt{n} + 0,05 \frac{M}{10000} \sqrt{P}, \text{ га}$$

где C – цена деления планиметра в *га*; n – число контуров;

M – знаменатель численного масштаба плана;

P – площадь полигона в *га*.

Если невязка меньше допустимой, то она распределяется в виде поправок пропорционально площадям контуров с обратным знаком по формуле.

$$\delta_{P_i} = -\frac{f_P}{\sum P_i} P_i$$

Вычисленные поправки к площадям контуров ситуации указывают в таблице 2.1. В ней же приведены исправленные значения площадей контуров ситуации, которые вычисляются по формуле:

$$P_{ув_i} = P_i + \delta P_i.$$

Увязанная площадь должна быть равна площади полигона, определенной аналитическим способом.

По данным ведомости вычисления площадей контуров (табл. 3.1) составляют кальку контуров и экспликацию