

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕ-
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
УЗБЕКИСТАН**

**КАРШИНСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ**

**КАФЕДРА «ГЕОДЕЗИЯ, КАРТОГРАФИЯ И
КАДАСТР»**

**СБОРНИК КОНСПЕКТОВ ЛЕКЦИЙ
ПО КУРСУ “ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ”**

***НАПРАВЛЕНИЕ: 5450400 – “Гидротехнические
сооружения и эксплуатация насосных станций”***



Карши-2014

Конспект лекций по курсу «Геодезия» составлен доцентом кафедры «Геодезия, картография и кадастр», кандидатом сельскохозяйственных наук **Авлакуловым М.А**

Конспект лекций по курсу «Инженерная геодезия» рассчитан для студентов- бакалавров по направлению 5450400 – «Гидротехнические сооружения и эксплуатация насосных станций», которые изучают данную дисциплину на первом семестре учебного года.

Лекции составлены в соответствии с учебной программой данного курса и помогает студентам при освоение данного курса в качестве вспомогательного источника. В данной работе также приведены материалы, полученные из интернет-сайтов, в которых отображены методы и способы использования современных геодезических приборов и инструментов.

Конспектом лекций также могут пользоваться студенты других направлений, таких как «Горное дело», «Геология и разведка нефтегазовых месторождений» и др.

Конспектом лекций также могут пользоваться специалисты, проектировщики и магистранты вузов гидротехнических специальностей.

Рецензенты:

- 1. ЭШЕВ С.С.-к.т.н., зав. кафедры ГТСиИНС (КИЭИ)**
- 2. РАХМОНОВ И.Ж. – гл. инженер гос. предприятия по землеустройству и кадастра недвижимости**

Конспект лекций рассмотрены и одобрены на заседание кафедры «Геодезия, картография и кадастр» (протокол № 12 , от 22 февраля 2015 г), методической комиссией Инженерно-технического факультета КарИЭИ (протокол № 9, от 22 мая 2015 г) и Методическим Советом института (протокол № 8, от 27 мая 2015 г.)

ОГЛАВЛЕНИЕ

№	Наименование тем	стр
1	Предмет и задачи геодезии. значения геодезии в народном хозяйстве	4
2	Понятия план, карта и профиль местности	8
3	Масштабы топографических планов и карт	9
4	Системы координат и высот, принятые в геодезии	13
5	Ориентирование линий на карте и на местности	17
6	Основные формы рельефа местности и изображения их на планах и картах	20
7	Сведения о теории погрешностей измерений	23
8	Понятие о геодезической сети	26
9	Угловые измерения. принцип измерения горизонтального угла	31
10	Измерения длин линий на местности	36
11	Сущность теодолитной съемки	37
12	Способы определения площадей	46
13	Виды нивелирования. сущность и способы геометрического нивелирования	52
14	Трассирование линейных сооружений	60
15	Нивелирование поверхности участков по квадратам	65
16	Сущность тахеометрической съемки	72
17	Сущность мензульной съемки. применяемые приборы	76
18	Список литературы	84

Тема: ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ ГЕОДЕЗИИ. ЗНАЧЕНИЯ ГЕОДЕЗИИ В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

План:

1. Предмет и задачи геодезии.
2. Связь геодезии с другими науками.
3. Значения геодезии в народном хозяйстве
4. Представление о форме и размерах Земли

Геодезия (От греч. γη - земля и διαίω - распределение, разделение), наука возникшая за несколько тысячелетий до нашей эры именно из-за необходимости учета и распределения земель. В настоящее время **Геодезия** - наука изучающая форму, размеры, внешнее гравитационное поле Земли и методы измерений, необходимых для отображения земной поверхности на планах, картах или в виде цифровых моделей, а также для решения различных инженерных задач. Можно дать и более абстрактное определение. Геодезия это наука об определении положения систем и объектов в пространстве и во времени, отображении этой информации в графическом или цифровом виде и перенесении метрики проектных структур в натуру.

Вследствие многочисленных задач, которые приходится решать методами геодезии ее можно разделить на ряд вполне самостоятельных дисциплин:

Высшую геодезию, предметами изучения которой являются форма и размеры Земли, ее гравитационное поле, горизонтальные и вертикальные сдвигения земной коры, а также методы создания опорных геодезических сетей на земной поверхности. Различные задачи высшей геодезии изучаются в таких дисциплинах, как Геодезическая астрономия, Геодезическая гравиметрия, Космическая геодезия.

Топографию (От греч. τοποζ - место и γραφω - пишу) - науку далеко не молодую, но ставшую в наше время, в силу бурного развития информационных технологий, одной из наиболее полезных для человека. Изучает она технологию отображения сравнительно небольших участков земной поверхности либо в графическом виде на бумаге, либо в виде **цифровых моделей** на магнитных носителях по результатам измерений выполненных топографом на местности. При этом может отображаться не только рельеф местности и то, что на поверхности расположено (ситуация), но и подземные коммуникации, качество земель, их правовой статус и проч. Понятно, что без такой информации трудно обойтись людям самых разных специальностей, в том числе и специалистам по **кадастру**.

Картографию - науку об отображении на плоскости (картографировании) поверхностей больших регионов или всей Земли.

Фототопографию, в которой рассматриваются свойства аэро и наземных фотоснимков и методы изображения по ним земной поверхности.

Прикладную геодезию - разрабатывающую технологии геодезических измерений при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации инженерных объектов.

Кадастр ведется на топографической основе и, поэтому, специалист по кадастру должен знать технологию отображения земной поверхности на бумаге или на магнитном носителе и уметь это делать. Но без другой его части - юриспруденции невозможно юридически обосновать права землепользователя.

Очень важна геодезия и для специалиста по маркшейдерскому делу, так как одна из основных задач маркшейдера . информационное обеспечение работ по добыче полезных ископаемых на горных предприятиях. Большую часть необходимой информации он получает, используя методы геодезии, в частности в процессе выполнения топографических и маркшейдерских съемок.

Одним из основных элементов в деятельности геодезиста являются измерения. Их выполняют специальными приборами на поверхности Земли (**полевые работы**), с летательных аппаратов, в том числе с космических, а результаты измерений подвергают соответствующей обработке (**камеральные работы**). Отсюда то большое внимание, которое уделяется разработке и исследованию приборов, а также теории обработки геодезических измерений. Следует отметить высокие требования к честности и добросовестности геодезиста при выполнении полевых и камеральных работ, так как даже небольшая неточность может привести к существенному искажению геодезической основы, на которой решаются те или иные задачи, и, как итог, к серьезным технологическим нарушениям и даже катастрофам.

В своем развитии геодезия опирается на достижения фундаментальных наук: физики, математики, вычислительной техники и др. Она тесно связана с географией, геологией, геоморфологией, горным делом и другими прикладными науками. Практически без геодезии нельзя обеспечить ни оборону страны, ни нормального функционирования народного хозяйства.

Представление о форме и размерах Земли

В настоящее время известно, что форма Земли близка к шару, с радиусом примерно 6370 км. Ее поверхность, площадью около 510 млн.км, на 71% покрывает мировой океан, средняя глубина которого . 3800 м. Средняя высота суши над уровнем воды в океане 850 м. Отметим, что были и другие представления о форме Земли, изменявшиеся в процессе развития цивилизации. Есть, о чем поспорить и в наши дни.

Размеры Земли определяли разные ученые из разных стран. Метод, предложенный древнегреческим ученым Эратосфеном из Кирены (276-194 до н. э.) получил название "**градусные измерения**" (Рис.1).

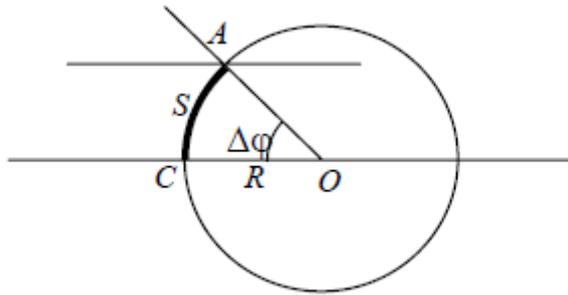


Рис. 1

Начиная примерно с XXVII века, выяснилось, что знание только размеров Земли недостаточно для решения многих практических задач, в частности для отображения на бумаге рельефа (**гипсометрия**) и глубин акваторий (**гидрография**). Необходимо также знать высоты точек земной поверхности и морские глубины, а, значит, нужна поверхность, относительно которой их можно было бы измерять. Поскольку океаны занимают большую площадь, решили их поверхность принять за фигуру Земли, а сушу и океаническое дно изучать относительно поверхности Мирового океана в спокойном состоянии. Было введено понятие **уровенная поверхность**, которой К.Ф. Гаусс в 1828 году дал строгое определение, как поверхности, к каждой точке которой отвесная линия перпендикулярна. Существует и другое определение. Поверхность называется **уровенной**, если в каждой ее точке потенциал силы тяжести - величина постоянная. Из определений следует, что **уровенных поверхностей** можно провести сколько угодно (Рис.2) Та из них, которая совпадает с невозмущенной поверхностью океанов и сообщаемых с ними морей названа **средней уровенной поверхностью**. Немецкий физик И. Листинг в 1872 году телу ограниченному этой поверхностью дал название "**Геоид**". Изучение фигуры Земли долгое время и было связано с изучением геоида.

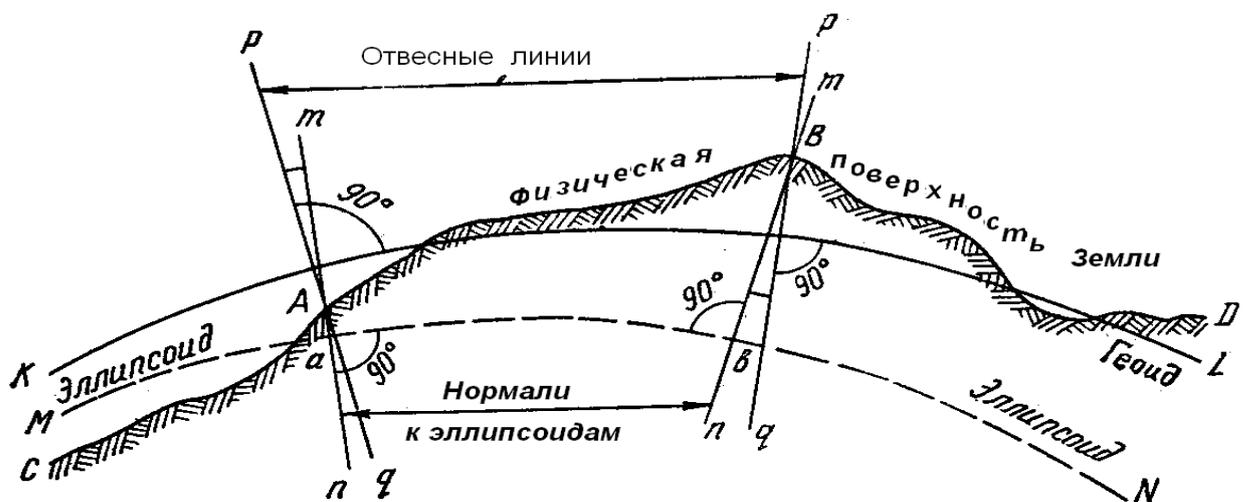


Рис.2

Однако возникли трудности. Одна из них заключается в том, что из-за неравномерного распределения масс внутри Земли под районами суши, лежащими выше уровня моря, фигуру геоида принципиально не определить.

Это заставило перейти к поверхности квазигеоида (квази - от лат. quasi - как будто, будто бы). **Квазигеоид** - вспомогательная поверхность, однозначно определяемая по наземным измерениям, совпадающая с геоидом на морях и океанах и очень близкая к нему на суше (даже в горных районах отступление не превосходит 2 м). В настоящее время именно от поверхности квазигеоида отсчитывают высоты точек земной поверхности. Кроме того, установили, что из-за различий в температуре, солености воды и других причин поверхности геоида и Мирового океана не совпадают. В зоне Панам-ского канала, например, разности уровней Тихого и Атлантического океанов равны 62 см.

По некоторым оценкам, отклонения указанных поверхностей в открытых частях Мирового океана могут достигать и 1 м. По этой причине стали различать **топографическую** поверхность морей и океанов. И, наконец, выяснилось, что невозможно определить фигуру геоида, которая все время меняется из-за эволюции гравитационного поля Земли, тектонических процессов и других причин, и что для решения научных и практических задач знать ее не обязательно. Была разработана теория, определяющую форму физической поверхности Земли (а не геоида) непосредственно по результатам геодезических измерений. Поэтому, в настоящее время за фигуру Земли принимают: на суше - физическую поверхность ее твердой оболочки, на территории морей и океанов - их невозмущенную поверхность.

Для научного и практического использования необходима обобщенная достаточно простая математическая аппроксимация фигуры Земли. При решении не очень точных задач в качестве аппроксимирующей фигуры принимают шар радиуса 6 371.111 км, а при более точном приближении - **эллипсоид вращения** (сфероид), который получается при вращении эллипса $P_N E P_S W$ относительно полярной оси $P_N P_S$ (Рис.3). Размер эллипсоида характеризуется длинами его полуосей, большой (экваториальной) a и малой (полярной) b , или полярным сжатием α и одной из полуосей. При этом

$$\alpha = (a - b) / a$$

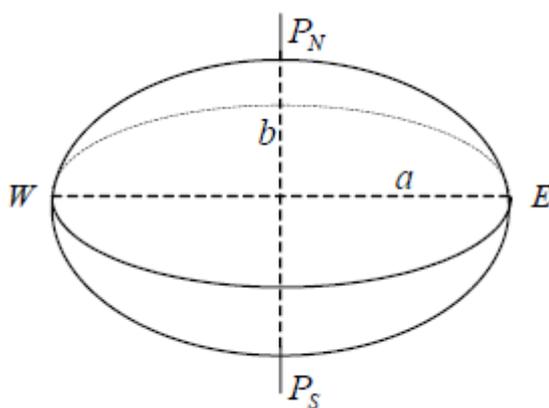


Рис. 3

Для того чтобы поверхность эллипсоида как можно лучше совпадала с поверхностью геоида нужно не только правильно подобрать его полуоси, но и наилучшим образом разместить в теле Земли. По результатам градусных

измерений, многими исследователями в разное время, были предложены различные эллипсоиды. Некоторые из них подбирались так, чтобы наилучшим образом аппроксимировалась поверхность геоида определенного региона Земли. Их называли **референц - эллипсоидами**, т.е. это эллипсоиды с такими размерами полуосей и так сориентированные в теле Земли, чтобы их поверхность как можно ближе совпадала с квазигеоидом в пределах территории определенной страны или группы стран. На их поверхности относят все координатные определения, выполняемые на земле, поэтому поверхность референц - эллипсоида называют **поверхностью - относимости**. В некоторых странах западной Европы долгое время использовался эллипсоид Бесселя, в США, Канаде и Мексике - эллипсоид Кларка. В некоторых регионах использовался эллипсоид Хайфорда. В соответствии с постановлением Совета Министров СССР от 7 апреля 1946 года в СССР, при производстве геодезических работ, был принят эллипсоид **Красовского** со следующими параметрами:

$a = 6\,378\,245$ м, $b = 6\,356\,863$ м, $\alpha = 1/298.3$. Существует и **общеземной эллипсоид**. Его ось вращения и экватор совпадают с центром масс и экватором Земли, а поверхность наилучшим образом аппроксимирует поверхность квазигеоида в планетарном масштабе. Параметры общеземного эллипсоида $a = 6\,378\,137$ м, $\alpha = 1/298.257$. В процессе развития спутниковых методов измерений, характеристики существующих эллипсоидов всё время уточнялись, и было предложено два новых: WGS-94 для спутниковой системы позиционирования GPS, разработанной в США и ПЗ-90 для аналогичной системы ГЛОНАСС, созданной в СССР.

Тема: ПОНЯТИЯ ПЛАН, КАРТА И ПРОФИЛЬ МЕСТНОСТИ

План:

1. Понятие о картах. Виды карт.
2. Понятие о планах. Виды планов
3. Понятие о профиле местности

И карта и план это уменьшенные изображения на бумаге горизонтальных проекций участков местности. В процессе их составления используют условные обозначения. В этом их сходство, но имеются и существенные различия.

Топографическими считаются карты масштабов 1:1 000 000 и крупнее, карты более мелких масштабов называются обзорными. В СССР в качестве стандартных установлены следующие масштабы топографических карт:

-1:1 000 000, 1:500 000, 1:300 000, , условно их считают мелкомасштабными;

-1:200 000, 1:100 000, , это карты среднего масштаба;

-1:50 000, 1:25 000, 1:10 000, 1:5 000 и 1:2 000, такие карты называют крупномасштабными.

План . это отображение местности без учета кривизны земной поверхности. Их обычно составляют в масштабах 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000 и 1:500.

Планы составляют для таких участков, горизонтальные проекции которых можно считать проекциями на плоскость, т.е. кривизной Земли пренебрегают. В этом случае сохраняется подобие контуров и масштаб изображения в любой его точке и по любому направлению постоянен, поэтому справедливо следующее определение. План это условное уменьшенное и подобное изображение горизонтальных проекций сравнительно небольших участков местности на бумаге.

Горизонтальная проекция большого региона или всей Земли строится практически на сферической поверхности, развернуть которую в плоскость без искажений нельзя. В зависимости от вида применяемой картографической проекции сохраняется подобие только отдельных элементов изображения или некоторых количественных характеристик. Например, в равноугольной картографической проекции не искажаются горизонтальные углы, в равновеликой . площади, но в любом случае масштаб изображения в разных точках и по разным направлениям различен. Таким образом, карта это условное уменьшенное и искаженное изображение на бумаге горизонтальной проекции большого участка местности или всей Земли, построенное в определенной картографической проекции.

При сечении земной поверхности отвесной плоскостью получают линию, которая называется **профилем** местности. Ее уменьшенное изображение на бумаге также называют профилем. Используют профили местности для решения различных технических задач, особенно при строительстве вытянутых инженерных объектов (каналов, дорог различного назначения и проч.).

Тема: МАСШТАБЫ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ ПЛАНОВ И КАРТ

План:

1. Масштабы планов и их виды
2. Построение поперечного масштаба и работа с ними
3. Точность масштаба.
4. Разграфка и номенклатура топографически[карт и планов

Из предыдущих параграфов следует, что горизонтальную проекцию участка местности уменьшают при изображении ее на бумаге. Это делает карту удобной при работе с ней. Степень такого уменьшения называют **масштабом карты**. Иными словами масштабом называется степень уменьшения горизонтальных отрезков местности при изображении их на

карте или плане. Масштаб можно представить числом (**численный масштаб**), либо графически (**линейный** и **поперечный масштабы**).

Численный масштаб 1:М - это простая безразмерная дробь, знаменатель которой показывает, во сколько раз уменьшены горизонтальные отрезки местности при изображении их на карте. Например, если масштаб равен 1:25 000 - горизонтальная линия местности длиной 250 м будет изображаться на карте отрезком в 1 см.

Линейный масштаб (Рис.6) изображается в виде отрезка, равные части а которого называются **основанием масштаба**. Если а=2 см, то линейный масштаб называется **нормальным**. Крайнее левое основание делится на m равных частей, как правило, на 10, иногда на 20. Горизонтальный отрезок местности, соответствующий наименьшему делению линейного масштаба, называется его **ценой деления** t, выражается в метрах и находится из соотношения:

$$t = aM / 100m$$

При определении длин отсчеты берут до десятых долей наименьшего деления, поэтому ошибка измерений меньше t

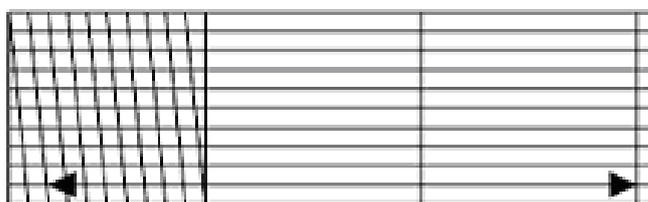


Рис 4 Нормальный сотенный поперечный масштаб

Поперечный масштаб (Рис.4), в отличие от линейного, исключает оценку долей делений на глаз, что повышает точность определения расстояний. Достигается это за счет наклонных линий **трансверсалей**, расположенных в самом левом прямоугольнике. Крайние из трансверсалей при пересечении с горизонтальными линиями образуют ряд пропорциональных отрезков. Если число горизонтальных линий n+1, а левое основание разделено на m делений, то цена наименьшего деления масштаба в метрах может быть определена по формуле:

$$t = aM / 100mn$$

Существует понятие **переходный масштаб** (называемый иногда **переводным**). Его строят, если знаменатели численных масштабов карты или снимка, на которых необходимо выполнять измерения, нестандартны. Например, если численный масштаб снимка равен 1:6 700, то при использовании нормального масштаба приходится оперировать отрезками длиной 134 м, 13.4 м. и 1.34 м. Это неудобно. Переходный масштаб отличается от нормального тем, что при построении линейного или поперечного масштабов для него рассчитывают основание а (ближайшее к 2 см), которому соответствует круглое число метров. В приведенном выше

примере было бы удобно, если бы основанию соответствовало 100 м. Находят такое основание из пропорции: $a:100=2:134$, откуда, $a=1.49$ см.

Очень важную роль в геодезии имеют понятия **предельная графическая точность** и **точность масштаба**. Первое из них связано с предельной точностью, с которой можно откладывать или измерять отрезки на бумаге; из опыта принимают равной 0.1 мм. Точность масштаба это длина горизонтальной линии местности, которой на карте соответствует отрезок 0.1 мм. Например, точность масштаба 1:25 000 равна 2.5 м. Зная точность масштаба, можно решить две следующие задачи:

-определить размеры предметов, меньше которых изобразить на карте невозможно;

-выбрать масштаб, в котором следует составлять карту, соответствующую по точности требованиям, предъявляемым к решению инженерных задач.

Разграфка и номенклатура топографических карт и планов

Таким образом, топографические карты являются многолистными. Территория всего государства изображается на них по частям на отдельных листах. Размеры листов выбраны так, чтобы картами удобно было пользоваться. С этой же целью листы топографических карт различных масштабов объединены единой системой разграфки и номенклатуры.

Номенклатурой называется система обозначений (нумерации) отдельных листов топографических карт различных масштабов; система их взаимного расположения устанавливается принятой **разграфкой**. В СССР принята **международная разграфка** листов карты масштаба 1:1 000 000. В ее основе . условное деление поверхности Земли параллелями через 4° к северу и к югу, начиная от экватора и меридианами через 6° начиная от Гринвичского меридиана. В результате деления поверхности параллелями получаются **ряды** (Рис.5). Их обозначают заглавными латинскими буквами от А до Z. При делении поверхности Земли меридианами образуются **колонны**. Они нумеруются арабскими цифрами с запада на восток, начиная от меридиана с долготой 180° . Таким образом, поверхность Земли оказывается разделенной на сферические трапеции с размерами сторон по широте - 4, по долготе - 6° .

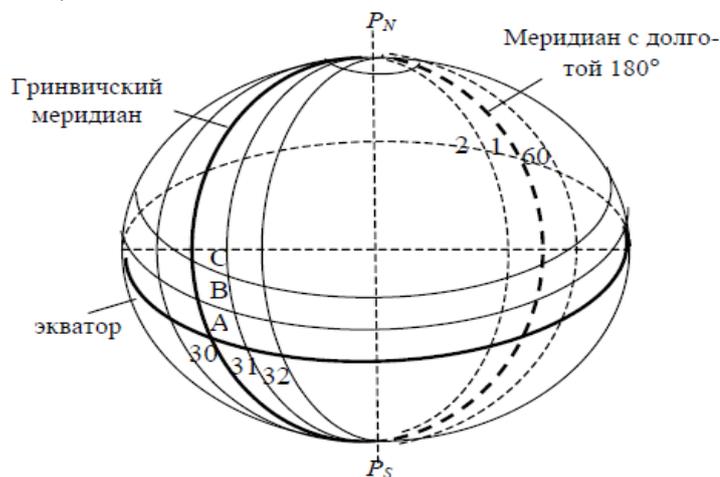


Рис. 5.

Горизонтальная проекция каждой трапеции изображается в масштабе 1:1 000 000. Ее положение определяется геодезическими координатами углов рамки. Номенклатура складывается из буквы колонны и цифры ряда. Листы карт северного полушария помечают буквой **N**, южного - **S**. На картах СССР **N** не ставили, так как вся территория расположена в северном полушарии. Листы карт всех других масштабов получены путем деления трапеции миллионного масштаба параллелями и меридианами через равные интервалы юго-восточных листов карт всего масштабного ряда. По входящим в номенклатуру буквам и цифрам легко понять какой лист и на сколько частей делился при переходе от более мелкого масштаба к более крупному. Например, у номенклатуры листа карты масштаба 1:10 000 последняя цифра 4, а все, что перед ней, совпадает с номенклатурой листа 1:25 000. Значит, лист масштаба 1:10 000 получают путем деления листа масштаба 1:25 000 на 4 части, и его номенклатура образуется путем добавления к номенклатуре исходного листа одной из арабских цифр: 1, 2, 3 или 4, в зависимости от расположения.

Инструкция разрешает при топографической съемке участка местности площадью менее 20 км² применять прямоугольную разграфку с размерами рамок: для масштаба 1:5 000 - 50x50 см; для масштабов 1:2 000, 1:1 000 и 1:500 - 40x40 см. При этом, за основу принимается лист масштаба 1:5 000, которому на местности соответствует участок размером 2x2 км. Его можно обозначить любой арабской цифрой, например **4**. Разграфка планов более крупных масштабов производится путем деления исходного листа на равные части (4, 16 или 64, в зависимости от масштаба), и их номенклатура может, например, иметь следующий вид: **4 . Г**, **4 . Г . 1V** и **4 . Г . 16** для масштабов соответственно 1:2 000, 1:1 000 и 1:500.

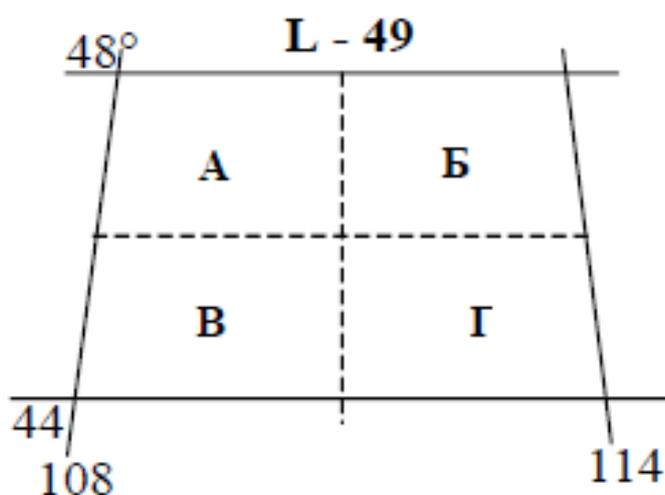


Рис. 6.

Тема: СИСТЕМЫ КООРДИНАТ И ВЫСОТ, ПРИНЯТЫЕ В ГЕОДЕЗИИ

План:

1. Геодезическая система координат.
2. Плоская прямоугольная система координат.
3. Система высот.

Положение точки на земной поверхности определено, если известны ее горизонтальная проекция и высота. Горизонтальную проекцию точки характеризуют **астрономическими** или **геодезическими** координатами. Для того чтобы их ввести вспомним, что всякое сечение поверхности сфероида плоскостью перпендикулярной полярной оси (Рис.7) есть окружность, которую называют **параллелью**. Экватор - наибольшая из параллелей. Любое сечение сфероида плоскостью, проходящей через полярную ось, есть эллипс, называемый **меридианом**. Он вырождается в круг, если поверхность Земли считать сферой. Меридиан, проходящий через главный зал Гринвичской обсерватории, принят в качестве **начального** (Гринвич - городской округ Лондона). SNPP

Астрономической широтой точки K физической поверхности Земли или ее горизонтальной проекции k называется угол φ между отвесной линией, проходящей через эти точки и плоскостью экватора. Широта может быть **северной** и **южной**, принимая значения от 0° на экваторе до 90° на полюсах.

Астрономической долготой точки K называется двугранный угол λ между плоскостями начального меридиана и меридиана проходящего через эту точку. Различают **восточную** долготу и **западную**. Для точек расположенных на Гринвичском меридиане она равна 0° , увеличиваясь на запад от него и на восток до 180° .

Определения геодезических координат B и L аналогичны тем, что приведены выше. Но геодезическая широта B рассматривается как угол между нормалью к поверхности референц-эллипсоида, проходящей через точку K , и плоскостью экватора (а не отвесной линии). Поэтому у одной и той же точки на поверхности Земли геодезические B, L и астрономические φ, λ координаты немножко разные.

Для определения положения точек на карте используется **картографическая рамка**, оцифрованная в геодезических координатах. Она представлена изображениями меридианов, ограничивающих карту с запада и востока, и параллелей, ограничивающих ее с севера и юга. Эти линии образуют трапецию, геодезические координаты углов которой (широта B и долгота L) подписаны. Расположенная рядом с картографической рамкой минутная рамка представляет собой чередование черных и белых отрезков (проекции одноминутных дуг параллелей и меридианов)

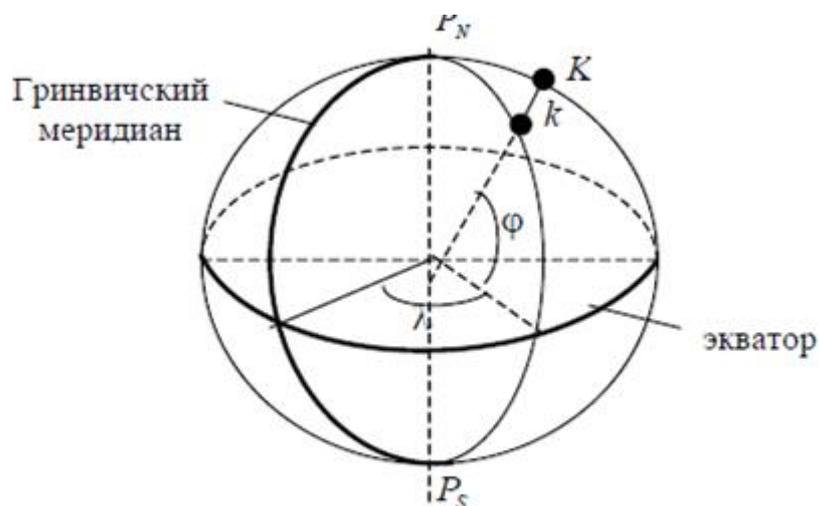


Рис 7 Астрономические и геодезические координаты

При мелкомасштабном картографировании отличием между астрономическими и геодезическими координатами пренебрегают, используя термин **географические координаты**. При этом широту обозначают через ϕ а долготу - λ .

Прямоугольная система координат Гаусса-Крюгера

Геодезические координаты B и L определяют положение любой точки на поверхности Земли, но в градусной мере, что создает определенные неудобства при работе с картой (определении длин, площадей и т.д.). Значит, необходимо иметь и прямоугольную систему координат, но важно, чтобы она была единой для всей территории страны, предложенной ранее немецким математиком К.Ф. Гауссом. При помощи этой проекции получают плоские изображения участков урвонной поверхности, каждый из которых ограничен двумя меридианами. Для топографических карт масштаба 1:10 000 и мельче разность долгот этих меридианов принята равной 6° . Таким образом, вся поверхность Земли разбивается на 60 **зон**(Рис.8) Их границы совпадают с границами колонн в разграфке листов карты масштаба 1:1 000 000. Они пронумерованы арабскими цифрами с запада на восток, но, начиная с Гринвичского меридиана, поэтому номера зон и колонн отличаются на 30.

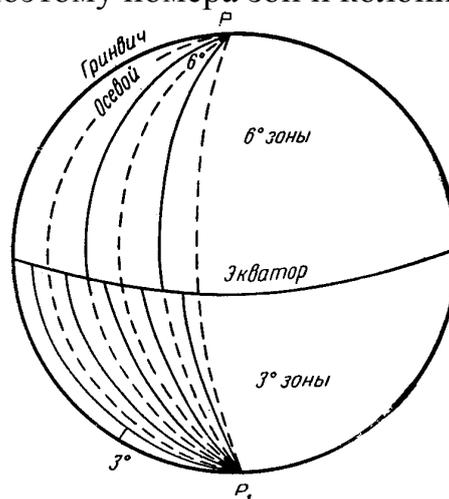


Рис. 8

Средний меридиан каждой зоны называется **осевым**. Долгота осевого меридиана любой зоны восточного полушария вычисляется по формуле:

$$L = n \cdot 6^\circ - 3$$

где n . номер зоны.

Для составления карты зона проектируется на плоскость (Рис.9), причем так, чтобы горизонтальные углы, а также отрезки на экваторе и на осевом меридиане не искажались. Все остальные длины в рассматриваемой проекции искажаются, причем на плоскости они длиннее, чем соответствующие им горизонтальные проекции на величину:

$$\Delta S = y^2 S / 2R^2$$

где S . длина горизонтальной проекции;

y . расстояние от осевого меридиана до средней точки отрезка;

R . радиус Земли.

В 6° зонах на листах карт масштабов 1:10 000 и мельче величины искажений ΔS находятся в пределах точности графических построений, поэтому с ними можно не считаться и полагать, что масштабы карт постоянны в любых точках и по любым направлениям. Для планов это не так, и используют 3° зоны, первый осевой меридиан которых совпадает с первым осевым меридианом 6° зон.

Для определения координат точек местности в проекции Гаусса в каждой зоне вводится система плоских прямоугольных координат. За ось абсцисс принимается осевой меридиан зоны с положительным направлением на север, за ось ординат. Изображение части экватора с положительным направлением на восток (Рис.9). В математике такая система координат называется **левой**. Ее четверти нумеруются по ходу часовой стрелки, начиная с северо-восточного квадранта. К северу от экватора абсциссы положительны, к югу - отрицательны. Территория России расположена в северном полушарии, поэтому в ее пределах отрицательных абсцисс точек местности не бывает. Ординаты Y . положительны для точек, расположенных к востоку от осевого меридиана, и отрицательны . к западу от него. Для того, чтобы в зоне не было отрицательных ординат договорились: сместить начало координат за ее пределы на запад (на 500 км от осевого меридиана), а для исключения неоднозначности (зон 60, значит 60 точек могут иметь одинаковые координаты) - перед ординатой всегда ставить номер зоны. Например, если номер зоны - 3, то точка пересечения осевого меридиана с экватором имеет координаты: $X=0$ км, $Y=3\ 500$ км.

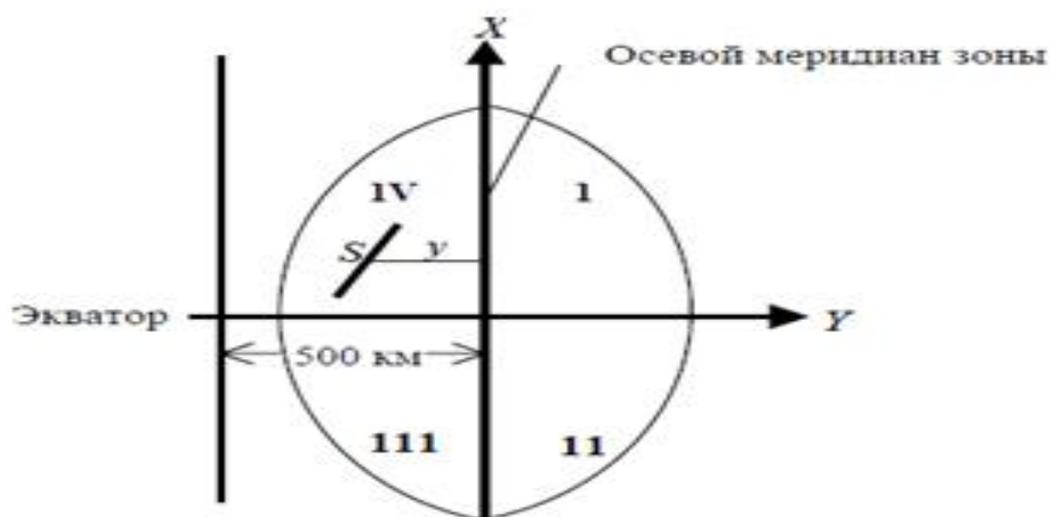


Рис. 9.

Для удобства пользования введенной системой координат на листах топографических карт наносится координатная сетка, представляющая собой систему линий, параллельных координатным осям зоны. Ее называют **километровой сеткой**. На листах карт масштабов 1:10 000 - 1:50 000 линии проводят через интервалы, соответствующие 1 км на местности, на карте 1:100 000 - 2 км, а на планах они образуют сетку квадратов, со сторонами 10X10 см. На картах дается и оцифровка линий сетки прямоугольных координат. Полные абсциссы и ординаты подписываются только на выходах крайних линий километровой сетки, для остальных даются по две последние цифры от их значений.

Таким образом, по карте можно определить зональные прямоугольные X и Y , а также геодезические B и L координаты; первые - с графической точностью масштаба, вторые - с точностью до 1".

Высоты точек вводят по-разному. Например, **геодезическая высота** точки K это высота над поверхностью референц-эллипсоида, отсчитываемая по нормали к его поверхности. Она является суммой **геоидальной** и **гипсометрической** высот. Первая из названных - это высота квазигеоида над поверхностью референц-эллипсоида. Она плавно меняется с амплитудой до 200 м. Ее еще называют **аномалией высоты**.

На картах показывают и в каталогах приводят гипсометрические высоты, которые определяют положение точек местности над поверхностью квазигеоида (вдоль отвесных линий). В зависимости от параметров используемых в качестве ускорения силы тяжести вдоль этих линий, различают высоты **ортометрические**, **динамические** и **нормальные**. Для определения ортометрической высоты нужно знать среднее ускорение силы тяжести вдоль отвесной линии, точное значение которой не вычислить. Поэтому вместо среднего ускорения используют либо некоторое постоянное значение для всех точек на поверхности (динамические высоты), либо постоянное для точек, расположенных на одной широте, т.е. для разных широт оно различно (нормальные высоты). В нашей стране принята

нормальная система высот. Следует отметить, что в такой системе точки расположенные на одной уровенной поверхности будут иметь равные высоты, только если их широты равны. Но для небольших территорий это замечание несущественно, и справедливо следующее определение. Высотой точки называется расстояние вдоль отвесной линии между уровенной поверхностью, проходящей через эту точку, и уровенной поверхностью, принятой за начало счета высот. Высоты бывают **абсолютные, условные, и относительные (превышения)**. Счет абсолютных высот ведется от среднего уровня морей и океанов (Рис.10).

Наблюдения за средним уровнем воды производится при помощи **футштока**, представляющего собой рейку с делениями, установленную неподвижно на водомерном посту. В нашей стране за начало принимается нуль Кронштадтского футштока (медная пластинка с горизонтальной чертой в парапете Синего моста через Обводный канал). Поэтому говорят, что высоты определяются в Балтийской системе. Очень часто счет высот ведут от условной уровенной поверхности, поэтому и высоты называют условными. Разность между абсолютными или условными высотами двух точек называется относительной высотой или превышением.

Отрезок H - абсолютная высота точки K ; отрезок H_b - условная высота точки B и h - превышение между точками K и B .



Рис.10. Высоты точек

Тема: ОРИЕНТИРОВАНИЕ ЛИНИЙ НА КАРТЕ И НА МЕСТНОСТИ

План:

1. Углы ориентирования-азимуты и румбы.
2. Взаимосвязь между азимутами и румбами
3. Дирекционные углы

Ориентировать линию в данной точке означает определить ее направление относительно какого-либо другого направления, принятого в

качестве исходного. В геодезии в качестве исходных направлений принимают:

- астрономический (истинный) меридиан, проходящий через данную точку;
- осевой меридиан зоны или линии ему параллельные;
- магнитный меридиан.

Им соответствуют понятия: **астрономический (истинный) азимут**, обозначаемый буквой A , **дирекционный угол** - α и **магнитный азимут** - A_m .

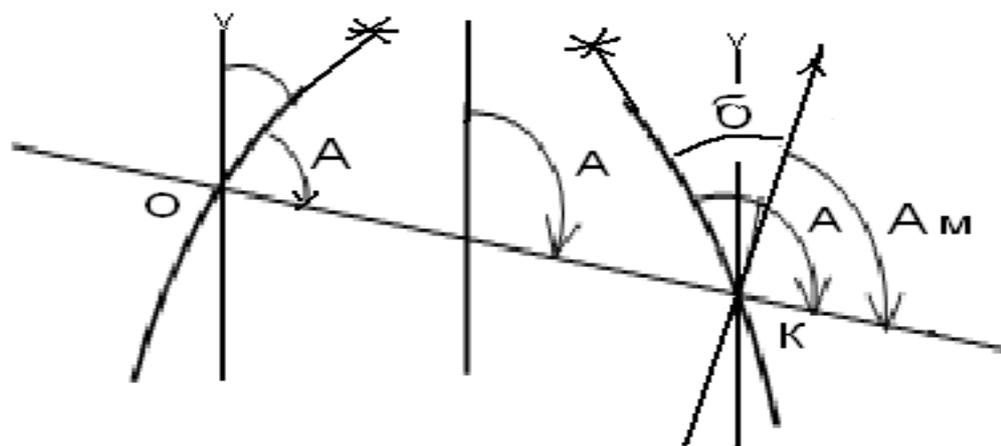


Рис. 11.

Астрономическим азимутом линии в данной точке ее называется горизонтальный угол A между северным направлением астрономического меридиана, проходящего через данную точку и данным направлением, отсчитываемый по ходу часовой стрелки, (Рис. 11). Различают прямой и обратный азимуты. Взаимосвязь между прямыми и обратными азимутами можно выразит следующим соотношением

$$A_{об} = A_{пр} \pm 180^\circ \pm \gamma.$$

Угол γ называют **сближением меридианов**. Условились для точек, например, расположенных к востоку от данной точки считать его положительным, а к западу, например - отрицательным.

Дирекционным углом α называется горизонтальный угол между северным направлением осевого меридиана зоны или линии ему параллельной и данным направлением, отсчитываемый по ходу часовой стрелки. Из определения следует, что дирекционный угол линии в любой ее точке величина постоянная. Между азимутом и дирекционным углом справедливо соотношение:

Угол γ в формуле (9) - сближение истинного меридиана, проходящего через данную точку с осевым меридианом. На осевом меридиане $\gamma=0^\circ$, поэтому $A=\alpha$

Известно, что под влиянием земного магнетизма свободно подвешенная магнитная стрелка в любой точке устанавливается в плоскости магнитного меридиана. Это ее свойство позволяет ориентировать линии на местности,

определив их магнитные азимуты. Магнитным азимутом линии в данной точке ее называется горизонтальный угол между северным направлением магнитного меридиана, проходящего через эту точку и направлением линии, отсчитываемый по ходу часовой стрелки. Направления магнитного и истинного меридианов не совпадают, образуя угол δ , который называется **склонением магнитной стрелки**. Различают восточное (положительное) и западное (отрицательное) склонение. На Рис.11 в точке, K например, $\delta = 0$. Очевидно, $A = A_m$.

Известно, что в одной и той же точке местности величина склонения не остается постоянной. Существуют годовые изменения, связанные с дрейфом магнитных полюсов Земли, и суточные колебания, зависящие от состояния магнитного поля и других причин. Поэтому, под южной рамкой карты указываются среднее для данного участка склонение магнитной стрелки, год его определения и величина годового изменения. Отметим, что в зависимости от положения линии, углы A , A_m и α могут принимать значения от 0 до 360^0 . На местности направление проще всего определять магнитным азимутом, но, в силу выше приведенных причин, измеряется он с небольшой точностью (десятые градуса). На карте удобнее измерять дирекционные углы, используя в качестве исходных направлений вертикальные линии километровой сетки.

В некоторых случаях при ориентировании линий принято пользоваться **румбом** (Рис.12). Это острый угол r между северным (или южным) исходным направлением, и данным направлением. Для исключения многозначности перед числом указывается четверть, в которой расположена линия, например 60^0 СВ. Из Рис.12 следуют формулы зависимости между румбом и используемым для ориентирования углом. Например, если направление определяется дирекционным углом, то они примут вид: в первой четверти $r = \alpha$; во второй - $r = 180^0 - \alpha$; в третьей - $r = 180^0 - \alpha$; в четвертой - $r = 360^0 - \alpha$.

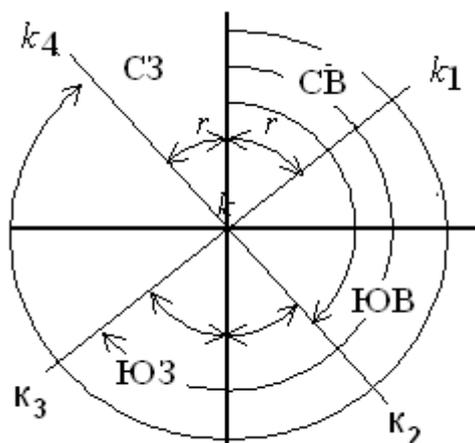


Рис. 12.

Тема: ОСНОВНЫЕ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ И ИЗОБРАЖЕНИЯ ИХ НА ПЛАНАХ И КАРТАХ

План:

1. Основные формы рельефа.
2. Способы изображения рельефа на картах и планах.
3. Способ горизонталей

Совокупность неровностей земной поверхности называется рельефом местности. Он является важнейшим элементом содержания топографических карт, так как знание рельефа необходимо для решения многих инженерных задач. Несмотря на бесконечное разнообразие ландшафтов, основным системообразующим элементом которых является рельеф, существует только пять основных его форм:

Выпуклая форма (гора, холм, курган и проч.). Ее основные элементы : вершина, скаты, подошва (основание). Горизонтальные площадки на скате называются уступами.

Замкнутое углубление (котловина, яма и т.д.). Эта форма противоположна первой. Основные элементы: дно, скаты и бровка.

Хребет это вытянутое возвышение постепенно понижающееся в одном из направлений. У хребта два ската, которые, сливаясь в верхней части, образуют водораздельную линию (**водораздел**).

Вытянутое углубление (долина, лощина, овраг). Эта форма рельефа противоположна хребту. Два ската ее, сливаясь между собой в самой низкой части, образуют водосливную линию (тальвег), по которой стекает попадающая на землю вода, называемыми линиями **водотока**. Скаты долины часто имеют горизонтальные площадки, называемые террасами.

Седловина (перевалы в горах). Эта форма образуется при слиянии скатов двух гор или водоразделов двух хребтов. От седловины, как правило, берут начало две лощины. Некоторые из указанных форм представлены на Рис.13.

Вершины гор, дно котловин, самые низкие точки седловин, перегибы скатов являются **характерными точками рельефа**, а водоразделы и тальвеги - его **характерными линиями**.

К изображению рельефа на топографических картах предъявляют в основном два следующих требования: должно быть простым определение высот точек, а также направлений и крутизны скатов; карта должна давать хорошее пространственное представление об изображенном на ней рельефе местности и взаимном расположении различных его форм. В процессе развития геодезии было предложено несколько вариантов, но пришли к выводу, что указанным выше требованиям лучше всего отвечает способ горизонталей в сочетании с отметками характерных точек местности. Поэтому так и изображают рельеф на современных картах.

Горизонталь можно представить как линию пересечения физической поверхности земли с уровенной поверхностью (горизонтальной плоскостью, если участок невелик). В результате образуется замкнутая кривая, все точки которой расположены на одной высоте над уровнем моря (Рис 13). Таким образом, горизонталь есть геометрическое место точек имеющих одинаковые высоты. Ее можно отождествить с береговой линией замкнутого водоема в спокойном состоянии. Проекцию горизонтали на уровенную поверхность, а также ее изображение на карте тоже называют горизонталями.

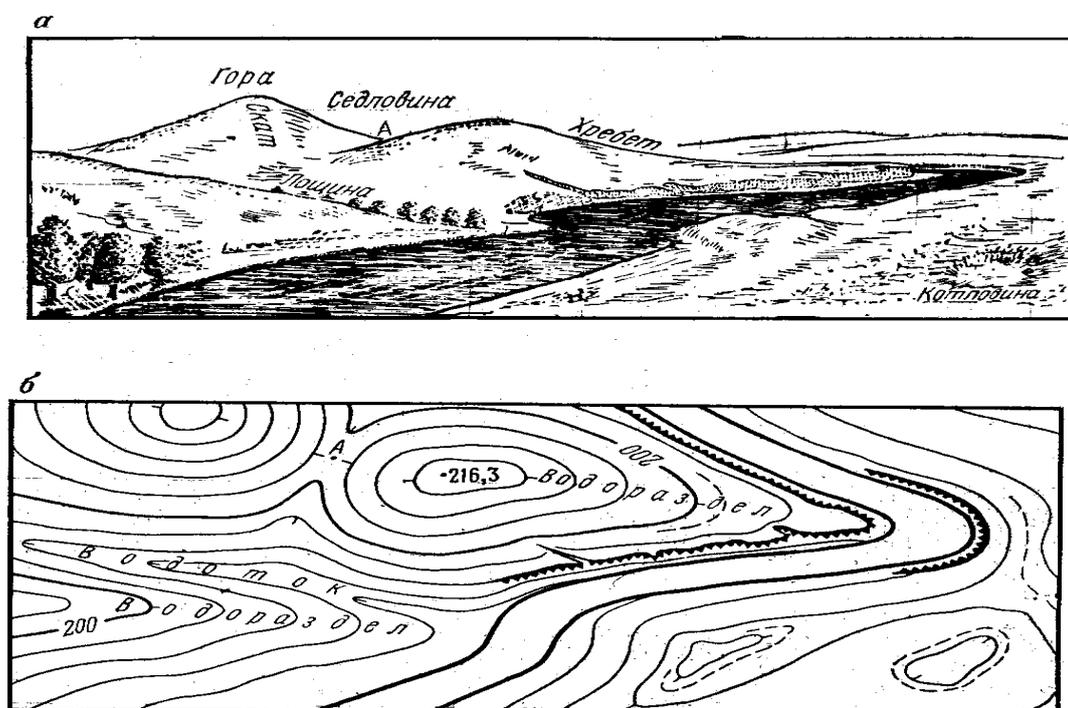


Рис.13.

Для изображения рельефа необходимо выполнить сечение поверхности участка местности несколькими уровенными поверхностями, расположенными через равные интервалы. Расстояние h между двумя смежными поверхностями называется **высотой сечения рельефа**. Чем меньше эта величина, тем точнее и подробнее изображается рельеф местности. Ее выбор зависит от масштаба составляемой карты и требований к точности отображения рельефа.

Горизонтали обладают следующими очевидными свойствами:

- это плавные непрерывные линии, повторяющие очертания друг друга и прерывающиеся только на обрывах;
- они не пересекаются между собой;
- горизонтали пересекают водоразделы и тальвеги только под прямым углом;
- их высоты должны быть кратны высоте сечения рельефа.

Договорились каждую четвертую или пятую горизонталь при изображении на планах утолщать и подписывать их высоты так, чтобы верх

цифр был направлен в сторону подъема. Для того чтобы легче было отличать лощины от хребтов и ямы, например, от холмов применяют **бергштрихи**. Ниже, на Рис.14 показано изображение различных форм рельефа (горы, ямы, хребта, лощины и седловины).

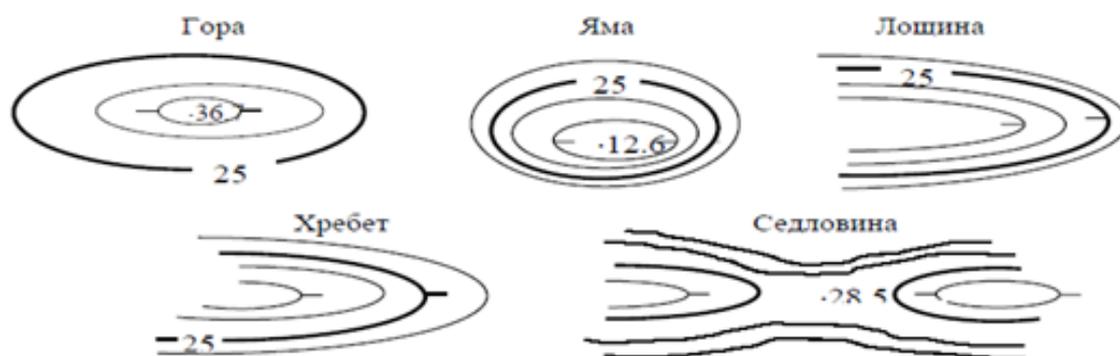


Рис. 14

Крутизна и направление ската, масштаб заложений

Рассмотрим часть ската между двумя уровнями поверхностями (которые примем за плоскости) и его горизонтальную проекцию (Рис.14). Крутизну ската можно характеризовать углом наклона ν . Из прямоугольного треугольника следует:

$$\operatorname{tg} \nu = h / A$$

где h - высота сечения рельефа, A - горизонтальная проекция части ската, ограниченного уровнями поверхностями.

Отрезку A на карте масштаба $1:M$ соответствует отрезок $a=A/M$, являющийся расстоянием между двумя смежными горизонталями и называемый **заложением**. Из формулы (13) следует, что при заданной высоте сечения рельефа крутизна ската тем больше, чем меньше заложение. То есть по величинам заложений на карте можно судить о крутизне скатов. Ее можно вычислить по выше приведенной формуле, но на любой топографической карте есть специальный график, называемый **масштабом заложений**. С его помощью легко определить крутизну ската измерителем, в любом месте без каких либо вычислений.

Для построения масштаба заложений (Рис.15) используют соотношение:

$a = h / (M \cdot \operatorname{tg} \nu)$. Задаваясь различными углами наклона, с учетом принятой высоты сечения рельефа вычисляют заложения, которые откладывают через равные интервалы, как перпендикуляры к отрезку KL , называемому **основанием масштаба заложений**. Концы перпендикуляров соединяют плавной кривой. Для определения крутизны ската раствор измерителя делают равным расстоянию (отрезок со стрелками на Рис.15) между двумя смежными горизонталями после чего ножки совмещают с графиком, как показано. По иголке, расположенной на основании масштаба берут отсчет с точностью до десятой градуса.

Следует отметить, что уклон все же чаще выражается в процентах или промилле (тысячных) и обозначается буквой i , при этом:

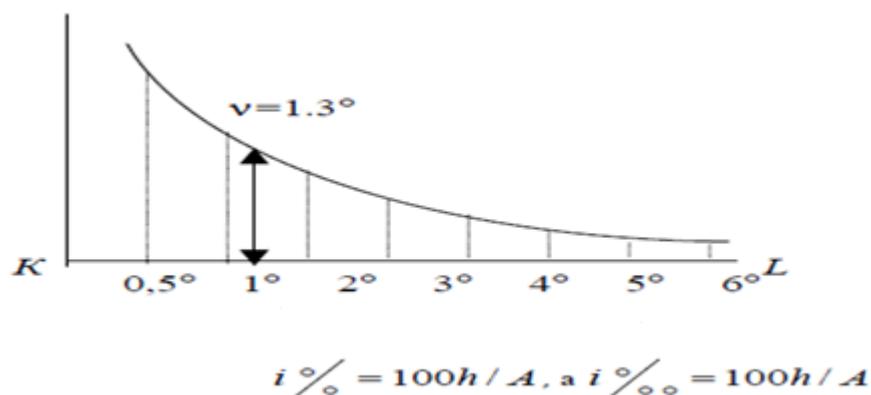


Рис. 15.

Тема: СВЕДЕНИЯ О ТЕОРИИ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЙ

План:

1. Сущность и виды измерений.
2. Виды погрешностей измерений
3. Задачи теории погрешностей измерений

Измерение величины (длины линии, горизонтального или вертикального угла, превышения и т. п.), есть процесс сравнения этой величины с другой, однородной ей величиной, принятой за единицу меры. В результате этого процесса находят число, равное отношению измеряемой величины к единице меры, которому приписывают наименование единицы меры и называют результатом измерения.

Существуют понятия: необходимые измерения и избыточные измерения. Например, если одна и та же величина измерена n раз, то одно из измерений является необходимым, а остальные $n-1$ — избыточными.

Избыточные измерения используют для контроля правильности получаемых результатов измерений. Кроме того, они позволяют определить более надежное значение искомой величины. При достаточном числе избыточных измерений они дают также возможность судить о точности произведенных измерений.

Погрешности измерений

Из практики измерений установлено, что при многократных измерениях одной и той же величины мы не получаем одинаковых результатов, как бы тщательно ни производили измерения.

Факт колебания результатов измерений указывает на то, что получаемые результаты не являются точным значением измеряемой величины, а несколько отклоняются от него.

Отклонение результата измерения величины от ее точного значения называют погрешностью измерения. Это определение погрешности измерения можно записать в виде равенства *

$$\Delta = l - a,$$

где Δ — погрешность измерения, l — результат измерения, a — точное значение величины.

Из сказанного следует, что результаты измерений всегда сопровождаются погрешностями. Получить абсолютно точное значение величины, вообще говоря, невозможно.

Погрешности измерений разделяют по двум признакам: по характеру их действия и по источнику происхождения.

По характеру действия различают погрешности: грубые, систематические и случайные.

Г р у б ы м и называют погрешности, превосходящие по абсолютной величине некоторый установленный для данных условий измерений предел. Они происходят в большинстве случаев от невнимательности исполнителя. Для выявления грубых погрешностей производят избыточные измерения тем же инструментом или иным, но той же точности. Например, для контроля длину линии измеряют лентой дважды, причем иногда первый раз измеряют 20-метровой, а второй — 24-метровой лентой.

Результаты, содержащие грубые погрешности, бракуются и заменяются новыми, поэтому при дальнейшем изложении будем считать, что результаты измерений свободны от грубых погрешностей.

С и с т е м а т и ч е с к и м и погрешностями называют такие, которые при многократных измерениях либо остаются без изменения, либо изменяются по какому-то определенному закону, либо, изменяясь случайным образом, сохраняют знак. В соответствии с этим различают три вида систематических погрешностей: постоянные, переменные и односторонне действующие.

Этим видам соответствуют погрешности, например: 1) в длине линии из-за неточности компарирования ленты; 2) в направлении при угловых измерениях вследствие изменения с течением времени фазы освещенности солнцем визирного цилиндра геодезического знака; 3) в длине линии из-за выхода ленты из створа измеряемой линии.

Переменные систематические погрешности часто являются функциями неслучайного аргумента (функциональные погрешности), но бывают и более сложной природы. Односторонне действующие погрешности представляют собой четные функции случайных величин. Функциональные изучаются средствами элементарной математики и анализа бесконечно малых величин, односторонне действующие — средствами теории вероятностей и математической статистики.

- Погрешности, не зависящие от результатов измерений и в последовательности появления которых нет никакой закономерности, но в

совокупности подчиняющиеся определенному вероятностному закону, называются **случайными**.

По источнику происхождения различают погрешности приборов, внешние и личные.

Погрешности приборов обусловлены несовершенством конструкций приборов или неточной их юстировкой, например погрешность в отсчете по горизонтальному кругу теодолита при наведении трубы на предмет, вызванная коллимацией.

Внешние погрешности происходят из-за влияния внешней среды, например погрешность в отсчете по нивелирной рейке из-за влияния рефракции.

Личные погрешности — те, которые вызываются особенностями наблюдателя. Например, замечено, что при работе с планиметром некоторые наблюдатели преувеличивают отсчет, а другие — преуменьшают.

Некоторые систематические погрешности можно устранить из результатов измерений, применив соответствующие методы измерений. Например, при нивелировании из середины исключается погрешность из-за непараллельности визирной оси и оси цилиндрического уровня. Влияние же некоторых других систематических погрешностей можно значительно ослабить путем введения соответствующих поправок.

Задачи теории погрешностей измерений

Теория погрешностей измерений рассматривает классификации и свойства погрешностей измерений, методы получения по результатам измерения величины наиболее близкого (в некотором смысле) результата к ее точному значению, а также получение числовых характеристик точности измерений.

В соответствии с этим основными задачами теории погрешностей измерений являются: 1) определение по результатам измерений их среднего значения, 2) оценка точности результатов измерений, 3) оценка точности функций измеренных величин.

Излагаемые в теории погрешностей методы решения этих задач дают возможность производить предварительный расчет точности предстоящих геодезических измерений, что необходимо для правильной организации работ (выбора надлежащего прибора, соответствующей методики измерения и т. п.); после производства измерений эти методы позволяют получить более точные значения измеренных величин и оценить их точность.

Равноточные измерения. свойства случайных погрешностей измерений

Если измеряется одна и та же величина несколько раз или измеряются однородные величины * при неизменном основном комплексе условий, т. е. одинаковыми по точности инструментами, лицами одинаковой квалификации, одним и тем же методом и при одинаковых внешних условиях, то результаты измерений называются **равноточными**.

Громадный исторический опыт производства геодезических измерений показывает, что случайные погрешности результатов равноточных измерений в подавляющем большинстве случаев обладают следующими статистическими свойствами, проявляющимися в больших рядах измерений.

1. По абсолютной величине погрешности не превосходят некоторого предела.
2. Положительные и отрицательные погрешности, равные по абсолютной величине, встречаются в ряду примерно одинаково часто.
3. Чем больше погрешность по абсолютной величине, тем она, как правило, реже встречается в ряду.
4. Чем больше ряд измерений, тем меньше, как правило, по абсолютной величине среднее арифметическое значение из погрешностей и при достаточно большом числе n измерений

$$\frac{[\Delta]}{n} \approx 0. \quad (IX.21)$$

Тема: ПОНЯТИЕ О ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ

План:

1. Понятия о создании геодезической сети.
2. Плановые геодезические сети.
3. Высотные геодезические сети.

Геодезическая сеть это совокупность закрепленных на местности точек, у которых известны координаты. Она нужна для решения различных народно-хозяйственных, оборонных задач и, прежде всего, для обеспечения топографических съемок всего масштабного ряда. В последнем случае их плотность должна быть такой, чтобы между смежными точками была прямая видимость. Если в процессе построения сети определены только абсциссы и ординаты ее точек, сеть называется **плановой**, когда у сети определяют только высоты точек, она является **высотной**. Сеть точек, у которых известны и плановые координаты и высоты называется **планово-высотной**.

Построение сетей состоит из нескольких этапов. В начале создается государственная геодезическая сеть в единой системе координат, которая затем все время поддерживается. Точки этой сети и закрепляются так, чтобы была обеспечена их сохранность на многие годы. Они более или менее

равномерно покрывают всю территорию страны, но находятся на довольно больших расстояниях друг от друга. По мере необходимости (строительство городов, промышленных предприятий и т.д.) государственная сеть сгущается в том или ином районе. Точки сгущения сохраняются вплоть до окончания строительства, а иногда используются и в процессе

эксплуатации построенного объекта. Съемочная сеть создается непосредственно перед съемкой местности.

Любая точка геодезической сети закрепляется на местности **центром и знаком**. Центр определяет положение точки на местности и обеспечивает неизменность координат в течение всего срока ее эксплуатации. Знак позволяет обнаружить точку на местности и обеспечивает производство измерений на ней.

Плановые государственные геодезические сети

Вначале создавалась сеть 1 класса (Рис.16). Ее называют **астрономо-геодезической**. Она является главной геодезической основой страны и предназначена для распространения единой системы координат на всей ее территории, а также для изучения формы и размеров Земли. Расстояния между пунктами сети 20-25 км. Сеть 2 класса уже была сплошной и заполняла все пространство внутри полигона. Дальнейшее сгущение и доведение числа точек государственной сети до необходимой плотности осуществлялось вставкой пунктов 3 и 4 классов или их систем в сети 1 и 2 классов.

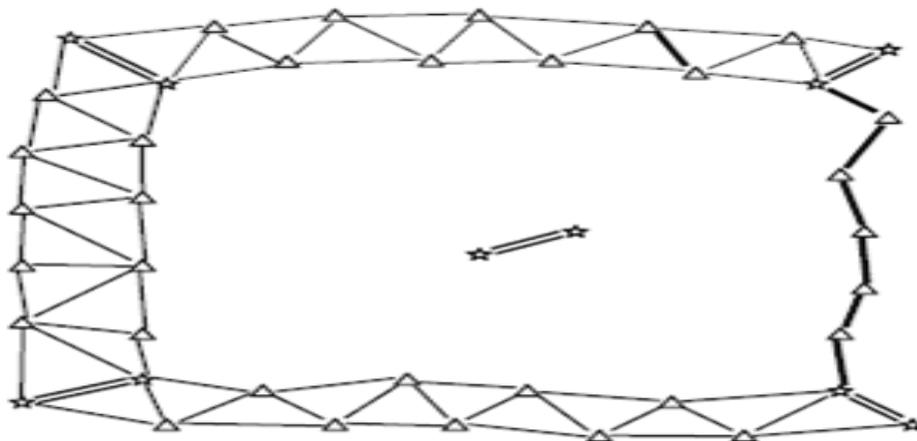


Рис.16. Полигон 1 класса

В зависимости от технологии определения координат точек различают сети **триангуляции, трилатерации и полигонометрии**. В триангуляции для этого строят вытянутые цепочки треугольников, в которых измеряются все углы. Пример западное южное и северное звенья полигона 1 класса на рис.16. В трилатерации, наоборот, измеряются все расстояния между смежными точками треугольников, но использовать ее можно только в сетях сгущения 3 и 4 классов.

В полигонометрии сеть строится не в виде совокупности треугольников, а в виде замкнутых или разомкнутых полигонов, в которых измеряются все расстояния между смежными точками и все углы между смежными сторонами (восточное звено).

Для того чтобы масштабировать сеть обязательно измеряют длины **базисных сторон** (на рис.16 показаны двойными линиями), на концах которых располагают **пункты Лапласа** (изображены звездочками). На пунктах Лапласа выполняют астрономические наблюдения с целью определения их долгот и астрономических азимутов сторон, что в конечном

итоге обеспечивает азимутальную ориентировку всей астрономо-геодезической сети.

Измерения в звеньях 1 класса производят приборами и методами, обеспечивающими наивысшую точность. Углы в триангуляции, например, измеряют с ошибкой $0.7''$, в полигонометрии $0.4''$. Относительные ошибки измерения базисов и длин сторон полигонометрии равны $1:400\ 000$ и $1:300\ 000$ соответственно. Ошибки определений координат на пунктах Лапласа: широты $0.3''$, долготы 0.03 , азимута $0.5''$. Вблизи них ведут гравиметрическую съемку для изучения поля силы тяжести.

Расстояния между смежными пунктами сплошной сети 2 класса уже короче (от 7 до 20 км). С меньшей точностью ведутся и работы: $1.0''$ — ошибка измерения углов, $1:300\ 000$ и $1:250\ 000$ относительные ошибки измерения базисов и длин сторон полигонометрии соответственно. В сетях сгущения 3 и 4 классов расстояния между пунктами 5-8 и 2-5 км, углы измеряют с ошибкой $1.5''$ и $2.0''$, а расстояния с относительными ошибками $1:200\ 000$ и $1:150\ 000$ (в полигонометрии 4 класса).

Поскольку точки плановой государственной сети должны служить в течение десятилетий, центры, закладываемые в землю, стараются сделать надежными. Их конструкция зависит в основном от состава грунта и глубины промерзания почвы. Чаще всего используют массивные бетонные блоки, либо металлические трубы, заполненные бетонным раствором и защищенные от действий коррозии. В них закладывают чугунные марки с отверстием или крестом в центре, к которым приводят все угловые и линейные измерения. Над центром устанавливают геодезические сигналы в виде простых пирамид высотой от 6 до 10 м, простых сигналов, высотой от 4 до 10 м и сложных сигналов, высота которых может превышать 40 м. Служат сигналы, прежде всего, для обеспечения угловых и линейных измерений. Все они обязательно имеют визирные цилиндры, а простые и сложные сигналы — приспособления для установки прибора и платформу для наблюдателя. На рис.18 представлены простая пирамида и центр геодезического пункта с чугунной маркой для районов промерзания грунта свыше 2 м. В городах знаки и центры размещают на крышах высоких зданий и сооружений, а также широко используют знаки, закладываемые в стены капитальных зданий.

В девяностых годах нашего столетия появились спутниковые методы определения координат точек земной поверхности и возросли требования к качеству государственной геодезической сети, в связи с чем, схема ее построения будет пересмотрена. Предполагается зафиксировать состояние координатной основы страны на современную эпоху, определить геодезическую систему координат 1995 года (СК-95) и сформировать сплошную государственную геодезическую сеть по принципу перехода от общего к частному. Она объединит в единое целое: космическую геодезическую сеть (КГС), доплеровскую геодезическую сеть (ДПС), астрономо-геодезическую сеть (АГС) 1 и 2 классов и геодезические сети сгущения (ГГС) 3 и 4 классов.

Главной геодезической основой, предназначенной для установления и поддержания на уровне современных требований единой координатно-временной основы; планового геодезического обеспечения съемок всего масштабного ряда суши и акватории; изучения изменений во времени координат точек и элементов гравитационного поля будет **фундаментальная астрономо-геодезическая сеть (ФАГС)**. Это однородное по точности пространственное геодезическое построение, состоящее из системы равномерно распределенных по территории страны астрономо-геодезических пунктов, удаленных друг от друга примерно на 900 км. Оно будет создаваться спутниковыми методами космической геодезии по специально разработанным научно-техническим программам, с использованием постоянно действующих пунктов обсерваторского типа.

Высотные государственные геодезические сети

Высотной геодезической основой на территории нашей страны являются нивелирные сети I, II, III и IV классов. Сети I и II классов являются главной высотной основой, посредством которой устанавливается единая система высот на всей ее территории. Они, кроме того, служат для решения научных задач: изучения фигуры и внешнего гравитационного поля Земли, исследования вертикальных сдвижений земной коры и т.д. Сети III и IV классов предназначены для обеспечения высотами топографических съемок и решения инженерных задач.

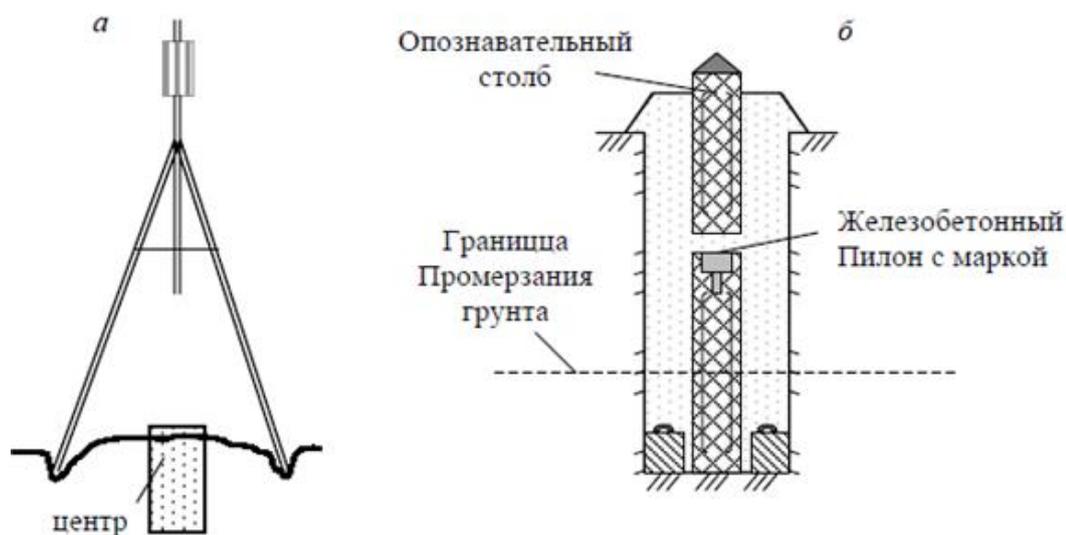


Рис.18 а – пирамида; б – центр

Линии нивелирования I класса прокладывают в основном вдоль шоссейных и железных дорог, связывающих уровни морей и океанов, омывающих нашу страну. В конечном итоге они образуют систему полигонов с периметрами 1200-2000 км. Прокладывают их и в городах, территория которых превышает 500 км. Ошибка определения превышений при этом равна 0.8 мм/км. 2

Линии II класса начинаются и заканчиваются на пунктах нивелирования I класса и образуют замкнутые или разомкнутые полигоны

(Рис.19) периметром от 400 до 1 000 км. Точность нивелирования в этом случае . 2.0 мм/км.

Нивелирные сети III класса создаются в виде систем линий, разделяющих полигон II класса на 6 . 9 частей, периметр которых 60 . 300 км. Ошибка определения превышений . 5 мм/км. Нивелирование IV класса является сгущением сетей III класса, причем превышения измеряются с точностью 10 мм/км. Следует отметить, что при проложении линий нивелирования III и IV классов для обеспечения топографических съемок в масштабе 1:10 000 и крупнее определяют высоты пунктов плановой государственной сети всех классов.

Закрепляют пункты высотных государственных геодезических сетей столь же надежно, как и плановых. При этом, как правило, используют грунтовые, скальные или стенные **марки** и **реперы**. Знаков не устанавливают, но на каждый пункт составляют абрис и дают описание его местоположения. Плотность пунктов государственной высотной опорной сети высока, особенно в городах, где расстояние между двумя смежными марками или реперами не превосходит нескольких сотен метров. На пересечениях линий нивелирования I класса закладывают вековые реперы, а на линиях нивелирования I и II классов не реже чем через 60 км. - фундаментальные, позволяющие изучать современные движения земной коры.

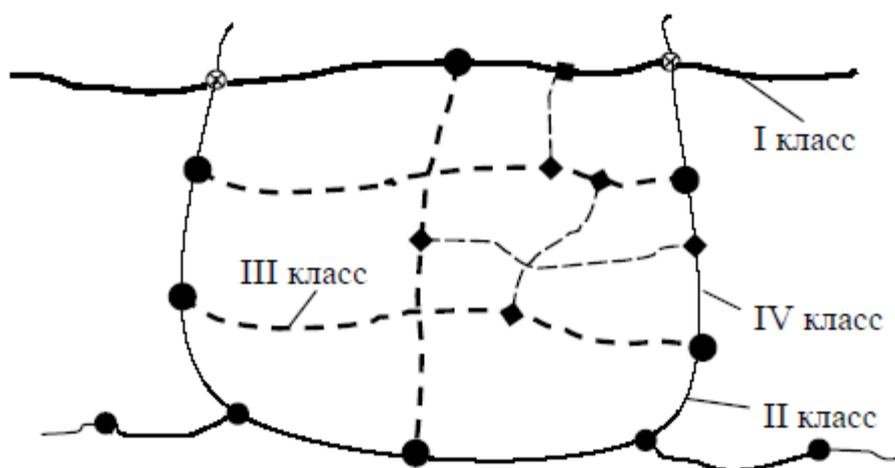


Рис. 19 .Сети сгущения и съемочное обоснование

Для изыскания, проектирования, строительства и эксплуатации объектов народного хозяйства, а также для выполнения топографических съемок пунктов только государственной геодезической сети недостаточно, поэтому по мере необходимости создаются сети сгущения: плановые 1 и 2 разрядов и высотные в виде систем ходов технического нивелирования. Сети сгущения примыкают к пунктам государственной геодезической сети и таким образом вычисляются в единой общегосударственной системе координат. Плановые координаты точек могут определяться построением

сетей триангуляции, трилатерации, полигонометрии и спутниковыми методами, но точности линейно-угловых измерений значительно ниже, чем в сетях государственных.

Менее надежно закрепляются и точки, в частности, на песчаных грунтах в качестве центра может использоваться массивный железобетонный пилон с маркой, заложённый в яму. Не устанавливают над центром и знаков сложной конструкции, в крайнем случае, простые пирамиды. При определении высот точек нивелирование выполняют с точностью 25 мм/км.

Съемочные сети развиваются от пунктов государственных сетей и сетей сгущения путем проложения теодолитных, тахеометрических и мензульных ходов; различными засечками; методами триангуляции; все активнее будут применяться и спутниковые методы. Высоты точек определяются геометрическим или тригонометрическим нивелированием. Поскольку съемочная сеть нужна только на период съемки, ее точки закрепляют с помощью подручных материалов, в частности колышками, а рядом устанавливают сторожок с номером и датой закрепления.

Тема: УГЛОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ. ПРИНЦИП ИЗМЕРЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО УГЛА

План:

1. Принципы измерения горизонтальных углов.
2. Устройство и марки теодолитов
3. Основные проверки теодолита
4. Способы измерения горизонтальных углов

1. Принципы измерения горизонтальных углов.

Кроме расстояний геодезисту приходится измерять и углы, как горизонтальные, так и вертикальные (например, в комплексе работ при создании государственных астрономо-геодезических сетей, сетей сгущения, при построении съемочного обоснования, в процессе съемок местности и т.д.). Получить представление о том, что такое горизонтальный угол и как его измерить можно, воспользовавшись рис.29. Пусть A, B, C — точки местности, образующие угол с вершиной в точке A . Горизонтальная проекция этого угла есть угол $abc = \beta$ на уровенной поверхности H . Его и называют горизонтальным углом. Другими словами, интересующий нас угол является линейным углом двугранного угла, образованного двумя отвесными плоскостями Q и T , проходящими соответственно через отрезки BA и CA местности. Указанные отвесные плоскости называются **коллимационными**.

Предположим, что над вершиной угла установлен горизонтальный циферблат по часовой стрелке так, что его центр совпадает с ребром двугранного угла (как показано на Рис.14). Тогда по кругу с помощью коллимационных плоскостей можно взять два отсчета a' и c' , и очевидно, что

искомый угол равен разности этих отсчетов, т.е. $\beta = c' - a'$. Горизонтальный оцифрованный круг называют **лимбом** (От лат. *limbus* . кромка, кайма).

На основании выше изложенного можно сделать вывод, что прибор для измерения горизонтальных углов должен иметь следующие устройства:

- неподвижный круг с нанесенной по его краю шкалой (лимб);
- приспособление для установки лимба над вершиной угла (**центрирования** прибора);
- устройство для приведения лимба в горизонтальное положение (**горизонтирования** прибора);
- подвижную часть, определяющую вертикальную (коллимационную) плоскость с устройством для визирования и взятия отсчета по лимбу.

2. Устройство и марки теодолитов

Прибор, обладающий указанными выше устройствами, назвали **теодолитом**. Современный теодолит имеет вертикальный круг и дальномерные нити для измерения углов наклона и расстояний.

В настоящее время на производстве широко используются отечественные теодолиты Т30, 2Т30, 2Т30П, Т15, Т15К, Т60. Появился - 4Т15П. Выпускаются аналоги некоторых из этих приборов, предназначенные для работы в подземных условиях. На рынке большой выбор технических теодолитов зарубежных фирм (Leica, Opton, Nikon, Topcon и др.).

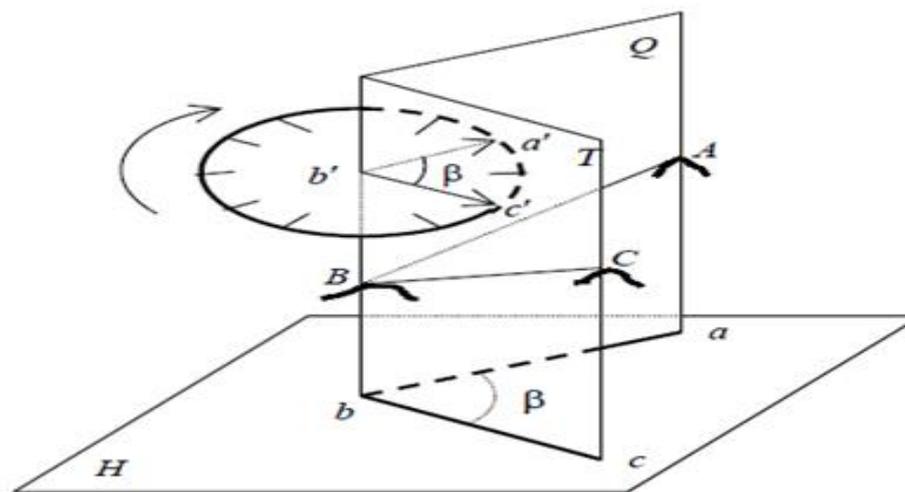


Рис 20. Схема построения горизонтального угла

Основные сведения о теодолитах технической точности

Оптический теодолит Т30 малогабаритный, повторительный, закрытого типа, с диаметрами кругов 70 мм и ценой деления кругов $10''$. Их изображения с помощью оптической системы передается в поле зрения штрихового микроскопа, окуляр которого расположен рядом с окуляром зрительной трубы. При этом используется односторонняя система отсчета. Круги освещаются с помощью откидного зеркала. Ось алидады

– полая, что позволяет использовать зрительную трубу^x для установки теодолита над вершиной угла. Увеличение зрительной трубы - 20 . По обе ее стороны имеются оптические визеры для грубого наведения на цель. Теодолит не имеет уровня при вертикальном круге, его роль выполняет уровень при алидаде горизонтального круга с ценой деления 45". На зрительную трубу может быть установлен цилиндрический уровень с ценой деления 20". Для измерения магнитных азимутов в пазу на боковой крышке колонки теодолита крепится съемная буссоль. При необходимости визирования под большими углами наклона к горизонту можно использовать окулярные насадки для зрительной трубы и шкалового микроскопа. Теодолит устанавливается на штатив вместе с круглым основанием металлического упаковочного футляра, наглухо прикрепленным к подставке с тремя подъемными винтами.

Теодолит 2ТЗ0 является модификацией теодолита ТЗ0. Он отличается от базовой модели применением шкалового микроскопа с ценой деления 5. Цена деления кругов при этом равна 1". У вертикального круга для измерения положительных и отрицательных углов используется одна шкала, но с разной оцифровкой: 0,6 и -0,-6.

3. Основные проверки теодолита

Проверки выполняют, как правило, перед производством измерений. Начинать эту работу следует с оценки внешнего состояния прибора: его комплектности, работоспособности и нормального взаимодействия всех подвижных узлов, плавности вращения наводящих винтов и т.д. Геометрические соотношений, которые должны соблюдаться в теодолите, показаны на Рис.36. Ниже рассмотрена суть требований и последовательность операций.

Ось цилиндрического уровня UU при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна к вертикальной оси ZZ вращения прибора. Для выполнения проверки ось уровня устанавливают параллельно двум подъемным винтам подставки, которыми выводят пузырек в нуль-пункт. Затем поворачивают алидаду (лимб) на 180° вокруг вертикальной оси. Если пузырек отклонился от середины более чем на 2 деления ампулы, условие не выполнено. В этом случае с помощью юстировочных винтов уровня половину отклонения устраняют, и проверку повторяют.2.

Вертикальная нить сетки должна располагаться в коллимационной плоскости. Это условие проверяется после тщательного горизонтирования теодолита. При проверке зрительную трубу наводят краем вертикальной нити на четкую цель (точку). Если при ее вращении вокруг горизонтальной оси HH точка перемещается по нити, а затем посередине биссектора, то условие выполняется. При смещении точки больше чем на треть ширины биссектора сетка разворачивается.

Визирная ось VV зрительной трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси HH ее вращения. Несоблюдение этого условия вызывает **коллимационную ошибку C** . Для ее определения необходимо навести на удаленную точку дважды: раз при круге лево и взять отсчет

$KЛ$, а затем при круге право – $KП$. Лимб в процессе измерений должен оставаться неподвижным. Полученные отсчеты должны отличаться на 180° . Отклонение их разности от 180° равны двойной коллимационной ошибке, т.е. $2C = KЛ - KП \pm 180^\circ$. В теодолитах с односторонней системой отсчетов по лимбу разность $KЛ - KП$ искажена также влиянием эксцентриситета алидады и лимба горизонтального круга. Эксцентриситет означает, что ось вращения алидады, центр делений лимба и ось вращения горизонтального круга не совпадают. Поэтому измерения повторяют, изменив предварительно положение лимба на 180° . Используя новые отсчеты $KЛ'$ и $KП'$, коллимационную ошибку вычисляют по формуле:

$$2C = \frac{(KЛ - KП \pm 180^\circ) + (KЛ' - KП' \pm 180^\circ)}{2}$$

Если она превышает двойную точность прибора, наводящим винтом изменяют последний отсчет на величину C , в результате визирная цель сместится с биссектора. Перемещением сетки нитей боковыми юстировочными винтами цель возвращают в исходное положение. Вертикальная ZZ и горизонтальная HH оси теодолита должны быть взаимно перпендикулярны.

4. Способы измерения горизонтальных углов

В зависимости от характера задач, решаемых на производстве, применяются различные способы измерения горизонтального угла. В процессе создания съемочного обоснования популярны **способ приемов** и **способ круговых приемов**. Первый применяют для измерения отдельного угла, второй, если точка является вершиной более двух направлений. В любом случае на вершине угла устанавливают теодолит и приводят его в рабочее положение, то есть центрируют и горизонтируют. На других точках, фиксирующих стороны угла (или направления), устанавливают визирные цели, например вешки. $\beta\beta'$

Как сказано ранее, цель центрирования - добиться, чтобы вершина угла и вертикальная ось вращения теодолита находились на одной отвесной прямой. При использовании отвеса, штатив устанавливают так, чтобы его головка была примерно горизонтальна, а острие отвеса уклонялось от вершины угла не более чем на 2-3 см. Затем ослабляют становой винт, и перемещением теодолита относительно головки штатива точно совмещают острие с вершиной угла, после чего винт закрепляют. Из-за влияния ветра и других причин ошибка центрирования отвесом может достигать 5 мм и более. Если эту операцию выполняют оптическим центриром, то после установки штатива и теодолита на нем, вращением подъемных винтов перекрестие сетки центрира совмещают с вершиной угла. Затем, меняя высоту ножек, выводят пузырек цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга в нуль-пункт. Поставленной цели достигают методом последовательных приближений, а на завершающем этапе - перемещением теодолита относительно головки штатива. Ошибка центрирования этим способом не превосходит 1 мм.

Для приведения лимба в горизонтальное положение ось уровня при алидаде горизонтального круга устанавливают по направлению двух подъемных винтов, которыми выводят пузырек уровня в нуль-пункт. Затем теодолит поворачивают вокруг вертикальной оси на 90° и выводят пузырек третьим подъемным винтом. После этого при любом положении горизонтального круга пузырек не должен отклоняться от середины более чем на два деления ампулы.

Измерение горизонтального угла способом приемов. Пусть ABC - угол β , который требуется измерить (Рис.21). Для решения этой задачи на точке B устанавливают теодолит, а на точках A и C - вешки. Одну из точек, например A , принимают задней, а другую - передней. Тогда, если на вершине угла стоять по направлению к передней точке, угол β можно считать левым, а его дополнение β' до 360° - правым. Далее действуют в следующей последовательности:

1. Вращая алидаду относительно лимба, например, при круге лево, устанавливают отсчет близкий к 0° и закрепительный винт алидады закрепляют. (Эта операция не обязательна, но она облегчает вычисление).

2. Вращая лимб вокруг вертикальной оси, а зрительную трубу - вокруг ее горизонтальной оси, оптический визир наводят на заднюю точку, закрепительные винты лимба и зрительной трубы закрепляют и, действуя попеременно окулярным кольцом и фокусирующим винтом, добиваются резкого изображения сетки нитей и вешки (наводят трубу по глазу и по предмету). Затем наводящими винтами лимба и трубы точно наводят биссектор в районе перекрестия на **низ** вешки и берут отсчет по горизонтальному кругу. Его записывают в журнал измерений.

3. Ослабив закрепительные винты алидады (лимб должен быть неподвижен) и зрительной трубы, визируют и берут отсчет на переднюю точку, действуя как в пункте 2. Отсчет записывают в журнал измерений. Указанные действия составляют **первый полуприём**.

4. Открепляют лимб, поворачивают его примерно на 90° и вновь закрепляют (у теодолита 4Т15П используют рукоятку вращения горизонтального круга). Эта операция делает отсчеты в полуприемах независимыми друг от друга и уменьшает ошибки делений лимба. Открепляют алидаду, зрительную трубу и меняют круг

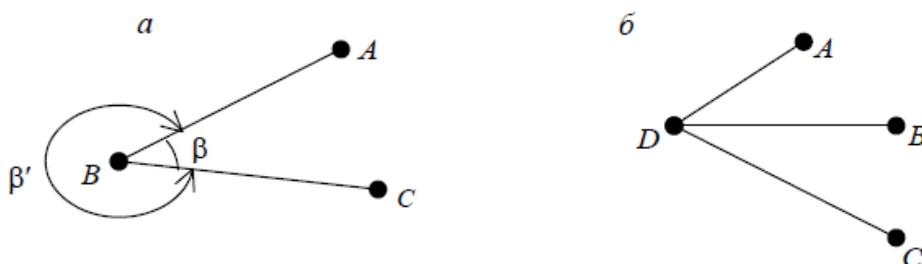


Рис.21. Схемы измерения углов: а - способ приемов, б - круговых приемов

Тема: ИЗМЕРЕНИЯ ДЛИН ЛИНИЙ НА МЕСТНОСТИ

План:

1. Сущность и способы измерения длин линий .
2. Приборы непосредственного способы измерения длин линий
3. Приборы посредственного способы измерения длин линий

Линейными называют измерения расстояний между точками земной поверхности. Выполнять эту работу приходится при построении опорных геодезических сетей, создании съемочного обоснования и в процессе съемки местности. Для исключения грубых ошибок одно и то же расстояние измеряют дважды.

Единицей измерения в большинстве стран мира принят метр (от греч.- мера). Появился он в конце 18 века, после того как французские ученые предложили в качестве единицы длины принять 10⁷ часть 1/4 дуги Парижского меридиана. Были выполнены точные градусные измерения, изготовлен архивный метр из платиново-иридиевого сплава, а спустя почти 100 лет и 31 его копия. Две из них достались России. С 1983 года за 1 метр приняли расстояние, которое проходит в вакууме плоская электромагнитная волна за 1/299 792 458 секунды. метров610–

К настоящему времени предложено достаточно много, как непосредственных, так и косвенных способов измерения расстояний: шагами (точность 1/100); мерными колесами или дисками (1/500 - 1/20 000); землемерным циркулем (1/1 000); мерными лентами или рулетками (1/2 000 - 1/10 000); оптическими дальномерами (1/300 - 1/5 000); свето и радиодальномерами (до 1/500 000); инварными проволоками (1/1000 000); спутниковыми методами (1/1000 000); на интерференционном компараторе (1:15 000 000).

2. Приборы для измерения расстояний непосредственным способом

Непосредственный способ состоит в откладывании мерного прибора с известной длиной в створе линии, длину которой требуется определить. Створом называется вертикальная плоскость, проходящая через конечные точки линии. Для измерений используют, прежде всего, рулетки, землемерные ленты и проволоки. Известны случаи измерения расстояний с помощью мерного диска.

Рулетки предназначены для измерения сравнительно коротких отрезков в процессе съемки местности, при обмерах зданий и сооружений, выполнении разбивок на строительных площадках. Их полотно длиной от 1 до 100 м делают из углеродистой или нержавеющей стали, капрона, стекловолокна или из прочной тесьмы, реже - инвара. По точности нанесения шкал рулетки делятся на 3 класса, при этом их цена деления может быть равна 1 мм или 1 см. В топографо-геодезическом производстве в основном

используют стальные 10, 20, 30 и 50 метровые рулетки. По названию рулетки можно судить о ее характеристиках. Например рулетка ОПК2.30АНТ/10 - с открытым корпусом, плоская, имеет вытяжное кольцо, 2 класса точности, 30 метровая, начало шкалы не совпадает с торцом полотна, выполнена из нержавеющей стали, шкала нанесена методом травления, цена деления 10 мм.

Ленты землемерные выпускают двух типов ЛЗ (штриховые) и ЛЗШ (шкаловые). Лента штриховая представляет собой стальную полосу длиной 20 или 24 м, шириной 15.20 мм и толщиной 0.3.0.4 мм, на концах которой нанесены штрихи, ограничивающие ее длину (Рис. 23). В полотне ленты просверлены отверстия через 10 см. Латунные заклепки фиксируют полуметровые интервалы, а пластины с числами - метровые. Закреплены они на обеих сторонах ленты, но шкалы возрастают в противоположные стороны. Лента наматывается на кольцо с проушинами. В комплект входят 6 или 11 металлических шпилек. В зависимости от условий местности штриховые ленты обеспечивают точность линейных измерений в пределах от 1/1 000 до 1/3 000.

Шкаловые ленты используются для измерений расстояний между точками с повышенной точностью. Они представляют собой сплошную полосу со шкалами на концах длиной по 10 см и ценой деления 1 мм. Разбивка на метровые или более мелкие отрезки между шкалами отсутствует.

Для линейных измерений с высокой точностью применялся базисный прибор БП.2М. В его комплект входят 4 инварные проволоки по 24 м каждая со шкалками на концах, рулетка с инварной лентой длиной 6 или 12 м и вспомогательное оборудование.

Тема: СУЩНОСТЬ ТЕОДОЛИТНОЙ СЪЕМКИ

План:

1. Общие сведения о геодезических съемках
2. Способы съемки ситуации
3. Создание планового съемочного обоснования, полевые и камеральные работы
4. Вычислительная обработка результатов теодолитной съемки
5. Составление плана теодолитной съемки

1. Общие сведения о геодезических съемках

Съемка это технологический процесс, выполняемый с целью отображения земной поверхности на карте. Она называется **горизонтальной**, если изображается только ситуация, **вертикальной** . при отображении только рельефа. Когда на карту наносят и ситуацию, и рельеф съемка называется **топографической**. Горизонтальную и вертикальную съемку выполняют, как правило, в крупных масштабах, соответственно и

результатами ее будут ситуационный (горизонтальный) и вертикальный планы местности.

Технологически съемка это сбор информации о картографируемом участке и отображении ее, например, на бумаге. Если необходимая информация есть результат измерений выполняемых на местности, то говорят о **полевых методах** съемки. Когда основной объем сведений о местности получается в результате обработки ее фотографий, то съемку называют **фототопографической**.

Основным методом съемки считается **аэрофототопографическая**, при которой карта составляется по аэрофотоснимкам местности. Ее не применяют только в том случае, если это по каким либо причинам сделать нельзя или она экономически невыгодна (картографируемая территория мала). В горных районах предпочитают выполнять **наземную фототопографическую съемку**, при которой местность фотографируют с поверхности земли.

Полевые методы применяют в основном при крупномасштабной съемке небольших участков. В их основе измерение на местности горизонтальных и вертикальных углов, расстояний и превышений. В зависимости от того, как они сочетаются, а также от применяемых приборов и конечного результата различают:

-**Теодолитную съемку**, цель которой . горизонтальный план местности. При этом измеряют расстояния и горизонтальные углы. Основные приборы . теодолит, мерные ленты и рулетки, различные дальномеры. Все они (за исключением, может быть рулетки, применяемой для обмеров зданий и сооружений сложной конфигурации) с успехом заменяются электронно-оптическим тахеометром.

-**Тахеометрическую съемку**, в результате которой может быть составлен любой из выше перечисленных планов (топографический, горизонтальный или вертикальный) в зависимости от решаемой технической задачи. Измеряют то же, что и в теодолитной съемке, и, кроме того, вертикальные углы или превышения, Основным прибором следует считать электронно-оптический тахеометр. Если его нет, можно выполнять съемку теодолитом или номограммным тахеометром, но это будет очень непроизводительно.

Эту съемку называют также теодолитной, и выполняют с целью составления ситуационного (горизонтального) плана местности, т.е. рельеф на плане не отображается. Применяют ее при картографировании сравнительно небольших застроенных участков (населенных пунктов, стройплощадок промплощадок и т.д.). Съемку выполняют с точек геодезической сети, расположенных на участке и точек съемочного обоснования, плановые координаты которых определяют, как правило, путем проложения теодолитных ходов.

Теодолитный ход это полигон, в котором измеряются горизонтальные расстояния между всеми его смежными вершинами и горизонтальные углы между смежными сторонами. В него включают несколько точек

существующей опорной геодезической сети. В зависимости от конструкции полигона различают висячие замкнутые и разомкнутые теодолитные ходы.

2. Способы съемки ситуации

Как уже отмечалось, съемка это процесс отображения ситуации на бумаге или в виде цифровой модели. Чтобы план или цифровую модель создать, нужно знать положение характерных точек контуров и объектов местности (**съемочных пикетов**) относительно точек съемочного обоснования и опорной геодезической сети. Устанавливают это положение в результате линейных и угловых измерений, выполняемых на местности. В зависимости от методики их выполнения различают следующие основные способы съемки: **перпендикуляров (координат), полярный способ, угловая засечка, линейная засечка, створов**. Их сочетают с обязательным обмером зданий и сооружений.

В способе перпендикуляров со съемочного пикета (например, угол жилого дома) опускается перпендикуляр на сторону теодолитного хода и измеряется два отрезка: - расстояние от точки теодолитного хода до основания перпендикуляра и - длина самого перпендикуляра. 1L2L

Если способ полярный, то одна из точек съемочного обоснования принимается за полюс, а вторая - за полярную ось. Положение съемочного пикета определяется путем измерения полярного угла β и полярного расстояния L . Как уже отмечалось, это наиболее популярный способ съемки местности на производстве.

В способе угловой засечки приходится измерять два горизонтальных угла и между стороной теодолитного хода и направлениями на съемочный пикет.

При использовании линейной засечки измеряют два расстояния и от точек теодолитного хода до съемочного пикета.

3. Создание планового съемочного обоснования, полевые и камеральные работы

Создание съемочного обоснования заключается в закреплении на местности точек в местах удобных для выполнения съемки и в определении их координат. Если эти координаты определяются путем проложения теодолитного хода, то работы выполняются в следующей последовательности: изучение имеющихся картографических материалов и каталогов координат пунктов опорной геодезической сети, рекогносцировка участка съемки, измерение горизонтальных углов, измерение сторон теодолитного хода и вертикальных углов для вычисления горизонтальных расстояний, обработка полевых журналов и вычисление координат искомых точек.

Рекогносцировка местности является очень важным этапом. В процессе ее отыскиваются пункты опорной геодезической сети, и устанавливается возможность их использования в качестве исходных точек; намечается направление хода и места расположения его вершин. Точки теодолитного хода закрепляют временными центрами (например, деревянными колышками и сторожками). При их выборе учитывают требования инструкций к длине хода и длинам сторон, а также удобства измерений, как при проложении хода, так и в процессе съемки. При достаточном числе исходных пунктов, на

начальной и конечной точках хода планируют измерять по два примычных угла.

Измерение горизонтальных углов можно выполнять теодолитом типа 2Т30 одним полным приемом. Однако, в некоторых инструкциях по кадастровой съемке такая точность считается недостаточной, и рекомендуется использовать теодолиты с ценой деления шкалы не более 0.1', например 4Т15П. На исходных точках с тремя и более направлениями, измерения выполняют и двумя круговыми приемами, переставляя лимб между ними на 90°. Расхождение углов в полуприемах, а также незамыкание горизонта и расхождение направлений в приемах не должны превышать 1'. Это полевые контроли, которые следует соблюдать. Если вершина угла опирается на очень короткие стороны, центрировать прибор следует особенно тщательно, и в качестве визирных целей использовать не вешки, а, например, шпильки.

Линейные измерения в теодолитном ходе можно выполнять мерной лентой, рулеткой и оптическими дальномерами, если последние обеспечивают требуемую точность (1:1 000 . 1:3 000). Указанные методы интенсивно вытесняются внедрением электро-оптических дальномеров и тахеометров. При использовании мерных лент или рулеток вертикальные углы измеряют эклиметром (когда они не превышают по абсолютной величине 6°). Во всех остальных случаях для этого используют вертикальный круг теодолита. При измерении длин сторон прямо и обратно разность результатов не должна превосходить допусков, указанных в инструкциях (обычно 1 см на каждую отложенную ленту).

После завершения линейно-угловых измерений приступают к камеральным работам, и начинают их с проверки полевых журналов. В журнале измерения горизонтальных углов повторяют вычисления, произведенные в поле, и обнаруженные ошибки исправляют, при этом внимательно следят за тем, чтобы все углы были только левые или только правые по ходу. Если измерения выполнялись двумя круговыми приемами, то выводят средние направления, а по ним вычисляют примычные углы, как разности направлений эти углы образующие. В журнале измерения расстояний вводят поправки за наклон, используя формулу (1), а полученные из прямых и обратных измерений результаты усредняют. По завершении проверки и вычислений исполнитель, выполнивший эту работу, в журналах расписывается.

4. Вычислительная обработка результатов теодолитной съемки

Обработка журнала измерений углов. В журнале измерения углов вычисляют значение горизонтальных углов β_i между сторонами теодолитного хода по следующей формуле

$$\beta_i = a - b \quad , \quad (1)$$

где a – отсчёт по горизонтальному кругу, снятый по праволежащему направлению;

b – отсчёт по горизонтальному кругу, снятый по леволежащему направлению.

Например:

$$\text{КП: } \beta_1 = 243^{\circ}50' - 131^{\circ}49' = 112^{\circ}01' \quad ;$$

$$\text{КЛ: } \beta_1 = 165^{\circ}43' - 53^{\circ}42' = 112^{\circ}01' \quad .$$

Таким образом, вычисляют значение углов последующих точек.

Примечание: если отсчёт a меньше b , то в значении a прибавляют 360° , а потом отнимают значение b .

Например:

$$\text{КП } \beta_4 = 289^{\circ}27' - 162^{\circ}46' = 126^{\circ}41' \quad ;$$

$$\text{КЛ } \beta_1 = 37^{\circ}18' + 360^{\circ} - 290^{\circ}37' = 126^{\circ}41' \quad .$$

В журнале измерения углов по значениям измеренных длин линий вычисляют их среднее значение и записывают ниже измеренных значений

Например:

$$S_{\text{ср}} = \frac{S_{1-2}}{2} + \frac{S_{2-1}}{2} = \frac{115.42 + 115.48}{2} = 115.45.$$

Примечание: если угла наклона сторон $v \geq 3^{\circ}$, то вычисляют поправку за наклон линии к горизонту ΔD по формуле:

$$\Delta D = 2D \sin^2 \frac{v}{2} \quad (2)$$

а затем горизонтальное проложение этой линии по формуле

$$d = D - \Delta D \quad .$$

Например: длина измеренной стороны 1-2 $D_{1-2} = 152,52\text{м}$;

$D_{2-1} = 152,56\text{м}$; $D_{\text{ср}} = 152,54\text{м}$; $v_{1-2} = 4^{\circ}17'$.

$$\Delta D = 2 \times 152,54 \times \sin^2 \frac{4^{\circ}17'}{2} = 0,43\text{м} \quad .$$

Тогда $d = D - \Delta D = 152,54 - 0,43 = 152,11\text{м}$.

Вычисление координат вершин теодолитного полигона

В ведомость вычисления координат из журнала измерения углов записывают среднее значение углов $\beta_{\text{ср}}$ и горизонтальное проложение сторон полигона.

Вычисления в ведомости начинают с нахождения угловой невязки \hat{r}_{β} в теодолитном полигоне

$$\hat{r}_{\beta} = \sum_1^n \beta_{\text{пр}} - \sum_1^n \beta_{\text{т}} \quad , \quad (3)$$

где: $\sum_1^n \beta_{\text{пр}}$ – практическая сумма измеренных углов;

$\sum_1^n \beta_T$ - теоретическая сумма углов.

Теоретическая сумма углов определяется по формуле

$$\sum_1^n \beta_T = 180^0(n-2) , \quad (4)$$

где n – число углов в замкнутом полигоне.

Определяют допустимую угловую невязку в замкнутом полигоне

$$\hat{r}_{\text{доп}} = \pm 1' \sqrt{n} . \quad (5)$$

Результаты вычислений записывают в ведомость вычисления координат

Если $\hat{r}_\beta \leq \hat{r}_{\text{доп}}$ условие выполняется (в нашем примере $02' < 02'.6$), то невязку распределяют с обратным знаком поровну всем измерениям т.е. находят значения поправок в углах и записывают сверху их значений. Выполняют контроль: сумма распределённых поправок должна быть равна значению невязки с обратным знаком.

По заданному преподавателем значению дирекционного угла линии 1-2 т.е. α_{1-2} вычисляют дирекционные углы последующих сторон теодолитного полигона по формуле

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^0 - \beta_n , \quad (6)$$

где α_n – дирекционный угол последующей стороны;

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

β_n – последующий исправленный угол.

Контролем правильного вычисления дирекционных углов является получение в конце вычислений величины заданного дирекционного угла.

Значения приращения координат ΔX и ΔY вычисляют по значениям горизонтальных проложений d и дирекционным углам сторон α теодолитного полигона используя следующие формулы

$$\begin{aligned} \Delta X &= d \cos \alpha ; \\ \Delta Y &= d \sin \alpha . \end{aligned} \quad (7)$$

Невязки в приращениях координат в замкнутом полигоне вычисляют по следующим формулам

$$\begin{aligned} \hat{r}_x &= \sum_1^m \Delta x ; \\ \hat{r}_y &= \sum_1^m \Delta y , \end{aligned} \quad (8)$$

т.е. алгебраически суммируют значения приращения координат Δx и Δy .

Известно что, в замкнутом полигоне теоретическая сумма приращений координат равна нулю. Однако на практике из-за допущения ошибок при измерении углов и расстояний, сумма значений Δx и Δy не будет равна нулю, а будет равна какому-то значению \hat{r}_x и \hat{r}_y .

По вычисленным значениям \hat{r}_x и \hat{r}_y находят абсолютную невязку в периметре полигона

$$\hat{r}_d = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} . \quad (9)$$

Допустимость абсолютной невязки \hat{r}_d оценивается по следующему неравенству

$$\frac{f_d}{\sum d} \leq \frac{1}{2000} , \quad (10)$$

где $\sum d$ – периметр полигона (в метрах) .

Если условия в формуле (10) выполнены (в нашем примере выполнены), то находят значения поправок, распределяя значения \hat{r}_x и \hat{r}_y пропорционально длинам сторон с обратным знаком, используя следующие формулы

$$\delta x_i = \frac{-f_x}{\sum d} \times d_i \quad \text{и} \quad \delta y_i = \frac{-f_y}{\sum d} \times d_i \quad (11)$$

Правильность вычисления поправок контролируют следующим образом:

$$\sum \delta x_i = -\hat{r}_x ; \quad \sum \delta y_i = -\hat{r}_y ,$$

т.е. *сумма поправок должна быть равна невязкам с обратным знаком.*

По вычисленным значениям поправок находят исправленные значения приращений координат и записывают их в 9 и 10 столбцы ведомости координат.

Контроль: *сумма исправленных значений Δx и Δy должны быть равны нулю, т.е. $\sum \Delta x_i = 0$ и $\sum \Delta y_i = 0$.*

По заданным преподавателем значениям x_1 и y_1 координат первой точки вычисляют координаты последующих вершин теодолитного полигона

$$\begin{aligned} X_n &= X_{n-1} + \Delta X_i ; \\ Y_n &= Y_{n-1} + \Delta Y_i , \end{aligned} \quad (12)$$

где X_{n-1} ; Y_{n-1} – координаты предыдущих точек полигона;

X_n ; Y_n – координаты последующей точки полигона;

ΔX_i ; ΔY_i – исправленные значения приращений координат между точками.

Контроль: *последовательно вычисляя значение координат вершин полигона должны получить начальные значения координат, т.е. координаты X_1 и Y_1 заданные преподавателем.*

Вычислительная обработка диагонального хода

Из журнала измерения углов в ведомость вычисления координат выписывают средние значения углов β_{cp} и средние значения горизонтальных проложений d_{cp}

Используя формулу (2) вычисляют угловую невязку \hat{r}_β в диагональном ходе. При этом теоретическая сумма углов определяют по следующей формуле

$$\sum \beta_T = \alpha_n + 180^\circ n - \alpha_k , \quad (13)$$

где α_n , α_k – дирекционные углы начальной и конечной стороны диагонального хода;

n - число углов в диагональном ходе.

Невязка в приращениях координат диагонального хода вычисляют, используя следующие формулы

$$\dot{r}_x = \sum \Delta X_{\text{пр}} - (X_k - X_n);$$

$$\dot{r}_y = \sum \Delta Y_{\text{пр}} - (Y_k - Y_n),$$

где $\sum \Delta X_{\text{пр}}$, $\sum \Delta Y_{\text{пр}}$ - практическая сумма приращений координат абсциссы

и ординаты диагонального хода;

X_n ; Y_n - координаты начальной точки диагонального хода;

X_k ; Y_k - координаты конечной точки диагонального хода.

абсолютная невязка

$$\dot{r}_d = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{(+0,09)^2 + (0,14)^2} = 0,17 \text{ м.}$$

Относительная невязка в приращениях координат должна удовлетворять следующие неравенства

$$\frac{f_d}{\sum d} \leq \frac{1}{1000},$$

где $\sum d$ - сумма длин сторон в диагональном ходе

Распределение невязок \dot{r}_x и \dot{r}_y , вычисления исправленных значений приращений координат, а также значений координат точек диагонального хода производят согласно пункту 2.9 и 2.10 настоящего указания. При этом контролем вычислений будет получение значений координат конечной точки.

5. Составление плана теодолитной съёмки

На листе ватмана с помощью линейки Дробышева строят сетку координаты 10 на 10 см. Для этого необходимо изучить соответствующие параграфы учебников [1, 2].

При отсутствии линейки Дробышева сетку координат можно построить с помощью масштабной линейки и измерителя.

Построив координатную сетку, согласно заданного масштаба и значений координат точек теодолитного полигона, размещают значение координат по оси X и Y (рис. 22).

Далее, по значениям координат вершин полигона и диагонального хода находят их положение на плане.

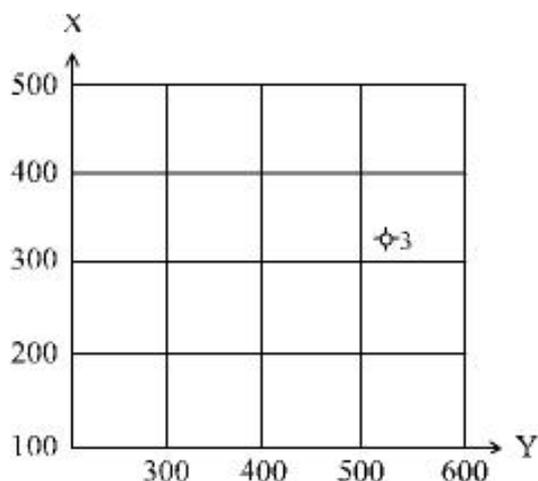


Рис. 22

Таким образом наносят на план остальные точки теодолитного полигона, контролировав их положения горизонтальными проложениями. При этом расхождение не должно превышать 0,3 мм на плане.

После нахождения точек теодолитного полигона и диагонального хода наносят на план контуры ситуации, используя данные, приведенные в абрисе .

Ситуации, снятые *способом перпендикуляров*, наносят на план с помощью измерителя и масштабной линейки. В рассматриваемом примере контуры канала наносятся на план этим способом по данному абрису.

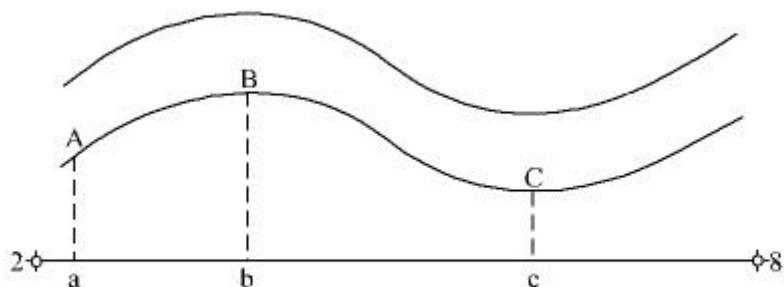


Рис. 23.

Полученные точки А, В, С и т.д. показывают места изгибов канала. Остальные места изгиба канала наносят на план по линиям 8–9 и 9–8.

Контуры ситуации, измененные *полярным способом*, наносят на план транспортиром, измерителем и масштабной линейкой; Транспортир устанавливают в точке 7, ориентируя нулевой диаметр по линии 7–1. По значениям, откладывают углы, и по полученным направлениям откладывая расстояния, получают на плане положение точки 12, 13 и 14.

Точки, снятые *способом угловых засечек* наносят на план транспортиром. В нашем примере места поворотов дороги, т.е. точки 10 и 11, сняты угловой засечкой.

Для нахождения этих точек на плане сначала транспортир устанавливают в точке 1 теодолитного полигона, ориентируя при этом нулевой диаметр транспорта по линии 1-2. Откладывая значения угла

приведенного в абрисе, по полученному направлению проводят линию с точки 1 (рис 24, а).

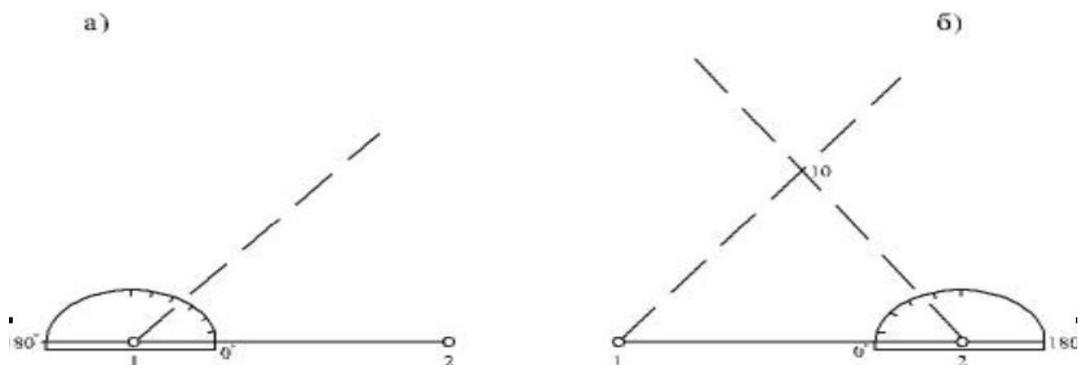


Рис. 24.

Далее, транспортир устанавливают в точке 2 и его нулевой диаметр ориентируют по линии 2–1. Откладывая значения угла, приведенного в абрисе, по полученному направлению проводят линию. На пересечении этих линий получают точку 10 (рис 24, б). Таким же образом получают точку 11.

Оформление плана теодолитной съемки

После нанесения на план всех контуров ситуации и предметов местности, начинают оформлять ее согласно принятым условным знакам, присущим данному масштабу. Для этого пользуются специальной литературой (Условные знаки для топографических планов масштабов 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000)

Тема: СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОЩАДЕЙ

План:

1. Способы определения площадей.
2. Вычисление площади полигона по координатам его вершин
3. Определение площадей электронно – механическим способом
4. Испытания и поверки планиметра
5. Определение и увязка площадей контуров ситуации.
Экспликация угодий

В зависимости от хозяйственного значения участков и контуров, их размеров, формы, наличия или отсутствия планов и карт, естественноисторических условий местности применяются следующие способы определения площадей.

1. **Аналитический** — площади вычисляют *по результатам измерений* линий и углов *на местности* с применением формул геометрии, тригонометрии и аналитической геометрии. Например, при учете площадей, занятых строениями, усадьбами, площадями вспашки, посева, при отводе мелких участков их разбивают на

простейшие геометрические фигуры, преимущественно треугольники, прямоугольники, реже трапеции и площади участков определяют как суммы площадей отдельных фигур, вычисляемых по линейным элементам (высотам и основаниям) по общеизвестным формулам геометрии. При учете вспашки, посева, уборки урожая площади определяют также по длине маршрута агрегата и ширине его захвата.

Площади больших участков, целых землепользовании вычисляют по результатам измерений линий и углов на местности (при помощи формул тригонометрии) или по их функциям — приращениям координат и координатам вершин полигона.

2. Графический — площади вычисляют *по результатам измерений* линий *по плану* (карте), когда участок, изображенный на плане, разбивают на простейшие геометрические фигуры, преимущественно треугольники, реже прямоугольники и трапеции. В каждой фигуре измеряют высоту и основание, по которым вычисляют площадь; сумма площадей фигур дает площадь участка. К графическому способу относят определение площади при помощи *палеток*.

3. Механический — площади определяют *по плану* (карте) *при помощи специальных приборов (планиметров)*.

Все три способа применяют для определения как малых, так и больших площадей при составлении проектов землеустройства и при учете земель. Иногда способы определения площадей применяют комбинированно; например, часть линейных величин для вычисления площади определяют по плану, а часть — по результатам измерений на местности. Нередко основную площадь участка, заключенную в теодолитный полигон, определяют аналитическим способом (по координатам вершин полигона), а площадь, выходящую за пределы полигона и заключенную между линиями полигона и живого урочища (серединой ручья, берега реки, определяют графическим или механическим способом.

Наиболее точный — аналитический способ, так как на точность определения площади при этом способе влияют только погрешности измерений на местности, в то время как при графическом и механическом способах, помимо погрешностей измерений на местности, влияют погрешности составления плана, определения площадей по плану и деформации бумаги. Однако аналитический способ требует измерения линий и углов по границам участков, значительных вычислений, зависящих от количества углов. Вместе с этим его целесообразно применять, если площадь надо получить с повышенной точностью и не дожидаясь составления плана.

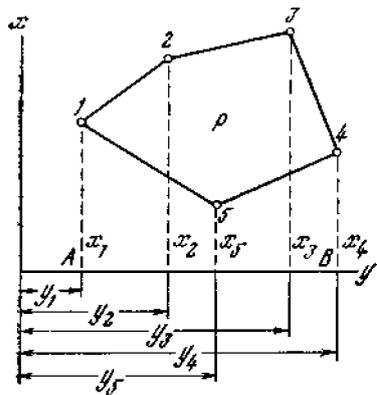
Менее точен, но наиболее распространен механический способ, так как, пользуясь им, можно быстро и просто определять по плану площадь участка любой формы.

Графический способ выгодно применять тогда, когда граница участка — ломаная линия с небольшим числом поворотов.

2. Вычисление площади полигона по координатам его вершин

Площадь полигона $1-2-3-4-5$ (рис. 25), которую обозначим P можно представить как разность площадей фигур $A-1-2-3-4-B$ и $A-5-4-B$, при этом площадь каждой из этих фигур может быть представлена как сумма площадей трапеций с основаниями x и высотами $y_2 - y_1, y_3 - y_2$ и т. д., т. е.

$P = \text{пл. } A-1-2-3-4-B - \text{пл. } A-5-4-B =$
 В двух последних членах можно изменить знаки и все выражение записать так: В полученном выражении видна полная закономерность, заключающаяся в том, что удвоенная площадь полигона равна сумме



стольких произведений, сколько вершин имеет полигон, при этом в каждом произведении один сомножитель есть сумма абсцисс двух соседних точек с номерами k и $k + 1$, а другой сомножитель — разность ординат этих точек с номерами $k + 1$ и k . Это дает возможность сокращенно написать формулу для любого n -угольника

Рис. 25

$$2P = \sum_1^n Y_k (X_{k-1} - X_{k+1})$$

$$2P = \sum_1^n X_k (Y_{k+1} - Y_{k-1})$$

3. Определение площадей электронно – механическим способом

Планиметры

Планиметром называют механический прибор, дающий возможность путем обвода плоской фигуры любой формы определить ее площадь. Они бывают самых разнообразных систем: от очень сложных до самых простых. Планиметры делятся на *линейные* и *полярные*

Наиболее распространены полярные планиметры, состоящие из двух рычагов (*обводного R* и полюсного R_0), соединенных шарниром в точке a . Обвод фигуры производится обводным индексом B , расположенным на конце обводного рычага. Обводный индекс представляет либо конец шпильки, либо точку на нижней поверхности стекла. Во время обвода одна точка планиметра O , расположенная на конце полюсного рычага, неподвижна и называется *полюсом*. Полюс прикрепляется к бумаге, на которой изображена обводимая фигура, посредством иглы или груза. Результат обвода (измерения площади) фигуры определяется вращением счетного

ролика k , который при обводе фигуры соприкасается с поверхностью бумаги. Для отсчета результатов обводов на цилиндрической поверхности счетного ролика нанесены *деления*. *Делением планиметра называют 1:1000 окружности ободка счетного ролика*, соприкасающегося с бумагой. Величина одного деления τ зависит от диаметра d счетного ролика a , следовательно, может быть представлена формулой

$$\tau = \frac{d\pi}{1000}$$

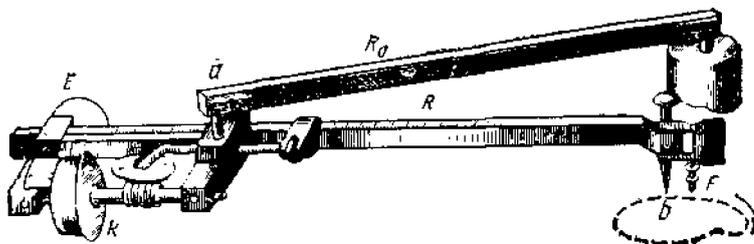
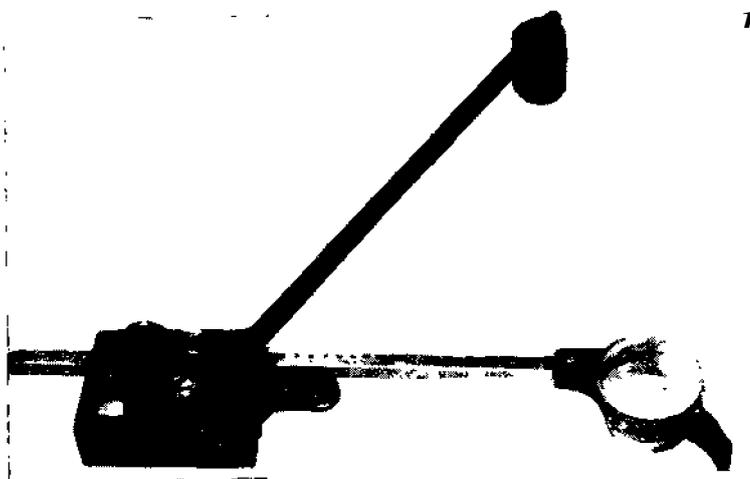


РИС. 111



O

РИС. 26

Диаметр d счетного ролика обычно близок к 20 мм, поэтому значение τ , вычисленное по формуле (а), близко к 0.06 мм. Это очень малая величина — менее разрешающей способности глаза (0,1 мм); поэтому деления по счетному ролику отсчитывают при помощи верньера. Цилиндрическая поверхность счетного ролика разделена на 100 частей, следовательно, каждая часть содержит 10 делений, отсчитываемых по верньеру.

Фигуру площадью до 400 см⁴ обычно обводят *с положением полюса вне фигуры*, при этом во время обвода угол, образованный рычагами планиметра, не должен быть менее 30° и более 150°, а в начале обвода угол между рычагами планиметра должен быть близок к прямому.

Установив обводный индекс на исходной точке контура, берут по счетному ролику отсчет, например $u_1 = 1245$ делений, затем ведут обводный индекс по контуру *по ходу часовой стрелки* до исходной точки и берут второй отсчет, например $u_2 = 2318$ делений. Разность отсчетов $2318 - 1245 = 1073$ деления представляет площадь обведенной фигуры *в делениях планиметра*.

Каждому делению планиметра соответствует на плане или на местности площадь p , называемая *ценой деления планиметра*, тогда площадь обведенной фигуры определится по формуле

$$P = \Delta u C .$$

C — *цена деления планиметра, которая представляет площадь, соответствующую одному делению планиметра*.

Существуют *простые* и *компенсационные* полярные планиметры, Простой планиметр, предложенный Амслером в 1856 г., в настоящее время не применяют. В 1850 г. нашим соотечественником Зарубиным П. А. был изобретен такой же по идее планиметр, но более сложной конструкции.

4. Испытания и поверки планиметра

Как всякий геодезический прибор, планиметр должен быть испытан и проверен.

При осмотре планиметра к нему должны быть предъявлены следующие требования.

1. *Счетный ролик должен свободно вращаться на оси, не задевая*

за верньер, и не иметь шатания в подшипниках. Чтобы убедиться в этом, счетный ролик приводят в движение пальцем руки или специальным приспособлением, имеющимся у некоторых планиметров. Ролик должен вращаться в течение 3—4 с. Между счетным роликом и верньером должен быть промежуток, который можно прочистить тонкой бумагой.

2. *Поверхность верньера должна быть продолжением поверхности ролика*. Регулирование верньера производят при помощи винтов, которыми он привинчен к раме счетного механизма.

3. *Рифельные штрихи на ободке счетного ролика должны быть нанесены правильно или, иначе, показания счетного ролика должны быть устойчивыми*. Для проверки этого условия многократно обводят круг при помощи контрольной линейки, чтобы исключить погрешности обвода. Обводы производят при положении полюса право (ПП) и лево (ПЛ) от обводного рычага, а угол, образованный рычагами планиметра, должен быть острым (не менее 30°), прямым и тупым (не более 150°). Таким образом, круг обводят при шести положениях и не менее чем четырьмя обводами в каждом положении. Чтобы обводный шпиль свободно входил в углубление на контрольной линейке, надо вывернуть опорный винт .

Расхождения разностей отсчетов при каждом положении не должны превышать трех делений (расхождение между показаниями при различных положениях планиметра может быть значительно больше, но это будет свидетельствовать о невыполнении •последующего условия).

Направление рифельных штрихов на ободке счетного ролика должно быть параллельно оси обводного рычага. Для поверки этого условия нужно обвести фигуру (лучше всего круг) при помощи контрольной линейки при обоих положениях полюса и только с **острым** (в среднем) **углом** между рычагами. Поверка планиметра с тупым углом между рычагами менее эффективна, а с прямым не достигает цели *. **При переводе планиметра из положения ПП в положение ПЛ точку полюса и контрольную линейку нельзя смешать во избежание изменения угла между рычагами.** Если в результате обводов число делений при обоих положениях полюса получается одно и то же или расхождение не превышает трех делений, то условие выполнено; в противном случае надо повернуть плоскость счетного ролика относительно обводного рычага около выступа G при помощи исправительного винта отвернув предварительно стопорный

5. Определение и увязка площадей контуров ситуации. Экспликация угодий

Площади землепользования колхозов, совхозов и других хозяйств определяют либо аналитическим способом, если по границам их проложены теодолитные ходы, либо планиметром и очень редко графическим способом.

Площади контуров сельскохозяйственных угодий определяют главным образом планиметром, и лишь для определения площадей мелких контуров применяют палетки.

При работе полярным планиметром обводы производят при среднем прямом угле между рычагами и так, чтобы этот угол был не менее 30° и не более 150° . Расхождение в результатах обводов допускают: два деления при площади до 200 делений, три деления при площади 200—2000 делений и четыре деления при площади свыше 2000 делений.

Площади контуров ситуации определяют двумя обводами при одном положении полюса, а площади землепользований {или секций, см. ниже) — при двух положениях полюса, по два обвода при каждом положении.

Площади узких контуров (дорог, канав, ручьев, речек, арычной системы, полос отчуждения, полезащитных лесных полос и др.) вычисляют как площади прямоугольников, у которых длину определяют по плану, а ширину измеряют на местности или тоже по плану. Площади узких контуров определяют по шкалам, изготовляемым самим исполнителем. Способ расчета и построения шкал аналогичен способу расчета и построения шкал параллельных палеток

Тема: ВИДЫ НИВЕЛИРОВАНИЯ. СУЩНОСТЬ И СПОСОБЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ

План:

1. Основные виды нивелирования
2. Сущность и способы геометрического нивелирования
3. Типы нивелиров и нивелирных реек
4. Исследования и поверки нивелиров

Рельеф местности имеет важное значение в сельском хозяйстве, технологические процессы которого связаны с обработкой земли. Рельеф учитывают при землеустройстве (размещение полей севооборотов, лесных полос и т. п.), в мелиорации (проектирование каналов, гидротехнических сооружений, вертикальной планировки земель и т. п.) и в сельском строительстве (размещение животноводческих, птицеводческих комплексов, зданий и сооружений культурно-бытового назначения и т. п.).

Для отображения рельефа на топографических картах, планах и профилях необходимо знать высоты точек местности. С этой целью производят **нивелирование** (вертикальную съемку), под которым подразумевают полевые измерительные действия, в результате которых определяют превышения одних точек местности над другими. Затем по известным высотам исходных точек определяют высоты остальных точек относительно принятой уроненной поверхности.

В зависимости от метода и применяемых приборов различают следующие виды нивелирования'

- 1) **геометрическое**, выполняемое горизонтальным лучом визирования;
- 2) **тригонометрическое**, выполняемое наклонным визирным лучом;
- 3) **барометрическое**, выполняемое с помощью барометров, действие которых основано на известной зависимости между атмосферным давлением и высотой над уровнем моря;
- 4) **гидростатическое**, основанное на свойстве свободной поверхности жидкости в сообщающихся сосудах всегда находиться на одинаковом уровне независимо от высоты точек, на которых установлены эти сосуды;
- 5) **стереофотограмметрическое**, выполняемое с помощью измерений на стереоскопических парах аэрофотоснимков;
- 6) **аэрорадионивелирование**, осуществляемое с помощью радиовысотометров, устанавливаемых на самолетах;
- 7) **механическое**, производимое с помощью приборов, автоматически вычерчивающих профиль проходимого пути.

Из перечисленных видов нивелирования наиболее точным и распространенным является геометрическое, которое будет рассмотрено в настоящей главе.

2. Сущность и способы геометрического нивелирования

Геометрическое нивелирование выполняют с помощью *нивелира* и *нивелирных реек*.

Нивелиром называют геодезический прибор, обеспечивающий при работе горизонтальную линию визирования. Он представляет



Рис. 27

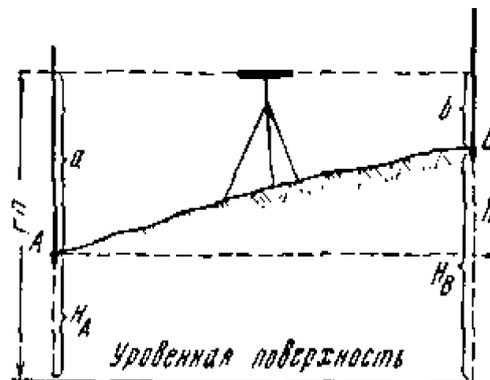


Рис. 28

собой сочетание зрительной трубы либо с цилиндрическим уровнем, либо с компенсатором. И уровень и компенсатор служат для приведения визирной оси зрительной трубы в горизонтальное положение,

Нивелирные рейки представляют собою деревянные бруски чаще всего с сантиметровыми делениями, оцифрованными снизу (от «пятки» рейки) вверх.

Сущность геометрического нивелирования состоит в определении превышения одной точки над другой горизонтальным лучом нивелира по отсчетам на рейках, отвесно устанавливаемых в точках, между которыми определяют превышение.

Геометрическое нивелирование можно вести двумя методами: *вперед* и *из середины*.

Для определения превышения h между точками *A* и *B* *методом вперед* (рис. 27) нивелир устанавливают в точке *A* так, чтобы окуляр зрительной трубы приходился над этой точкой, а рейку устанавливают отвесно в точке *B*. В точке *A* с помощью нивелирной рейки или рулетки измеряют высоту нивелира i как отвесное расстояние от центра окуляра до точки, над которой установлен нивелир. После приведения визирной оси в горизонтальное положение делают отсчет по рейке. Как видно из рис. 2.7

$$h = i - b,$$

т. е. превышение равно высоте нивелира минус отсчет по рейке (взгляд вперед).

Для определения превышения между точками *A* и *B* *методом из середины* (рис. 28) в этих точках устанавливают отвесно рейки, а между ними по возможности на одинаковых расстояниях — нивелир. Направив

горизонтальную визирную ось нивелира на рейки, установленные в точках *A* и *B*, и выполнив соответственно отсчеты *a* и *b*, получают превышение

$$h = a - b.$$

Если считать точку *A* задней, а точку *B* передней, то формулу можно выразить словами: **превышение передней точки над задней равно взгляду назад минус взгляд вперед**. Если передняя точка выше задней, то превышение положительно, а если ниже, то отрицательно.

Зная высоту точки *A* и превышение точки *B* над точкой *A* (см. рис. 28), можно получить высоту точки *B*

$$H_b = H_A + A,$$

т. е. высота последующей точки равна высоте данной точки плюс превышение между ними.

Высоту точки *B* можно также получить при помощи **горизонта прибора, т. е. отвесного расстояния от уровенной поверхности до визирной оси нивелира**. Горизонтом прибора называют также высоту визирного луча.

Как видно из рис. 27, 28, горизонт прибора

$$\Gamma\Pi = H_A + i$$

или

$$\Gamma\Pi = H_b + b,$$

т. е. **горизонт прибора равен высоте точки плюс высота прибора или высоте точки, на которой стоит рейка, плюс отсчет (взгляд) на нее**.

Зная горизонт прибора, определяют высоту точки, на которую был сделан отсчет по рейке. Например,

$$H_b = \Gamma\Pi - b,$$

т. е. **высота точки равна горизонту прибора минус отсчет по рейке на этой точке**.

С помощью горизонта прибора удобно определять высоты в тех случаях, когда с одной станции (точки стояния нивелира) выполнены отсчеты по рейке на нескольких точках.

Нивелирование с одной станции выполняют в тех случаях, когда необходимо определить небольшое превышение между двумя точками, находящимися на близком расстоянии (100—200 м). Чаще же возникает необходимость определять значительное количество превышений между точками, расположенными на расстоянии в несколько километров одна от другой. В этом случае производят последовательное нивелирование на станциях $J_1 J_2, \dots J_n$ (рис. 29).

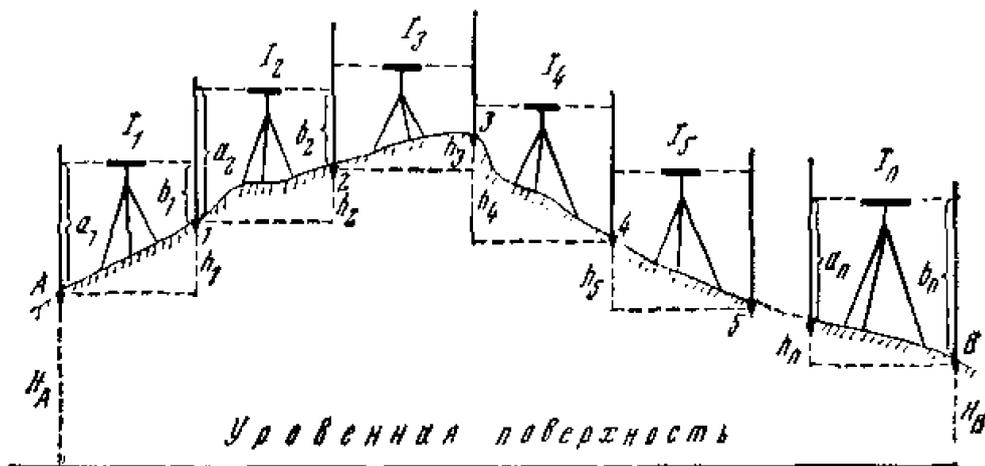


Рис. 29

Сначала на первой станции J_1 берут отсчеты по задней рейке a_1 , установленной в начальной точке A , и передней рейке b_1 , установленной в точке 1. Затем заднюю рейку из точки A переносят в точку 2, а нивелир устанавливают на второй станции J_2 и берут отсчеты a_2 и b_2 по рейкам. Аналогично переносят рейки, нивелир и берут отсчеты на других станциях вплоть до конечной точки B . При последовательном нивелировании образуется нивелирный ход, в котором точки 1, 2, ..., 5, являющиеся передними на предыдущей станции и задними на последующей, называются *связующими*.

Общее превышение между точками A и B будет равно алгебраической сумме отдельных превышений

$$h = \sum_1^n h_i = \sum_1^n a - \sum_1^n b$$

Геометрическое нивелирование разделяется на нивелирование I, II, III и IV классов и техническое нивелирование.

Нивелирование I, II, III и IV классов составляет нивелирную сеть, которая является высотной основой топографических съемок всех масштабов и геодезических измерений, проводимых для удовлетворения потребностей народного хозяйства и обороны страны.

Нивелирная сеть I и II классов является главной высотной основой, посредством которой устанавливается единая система *высот* на всей территории республики. Она также предназначена для научных целей, связанных с изучением колебаний земной коры.

Нивелирные сети III и IV классов и технического нивелирования служат высотной основой топографических съемок и предназначены для решения различных инженерных задач

3. Типы нивелиров и нивелирных реек

Согласно ГОСТ 10528—96 нивелиры разделяются на *высокоточные*, *точные* и *технические*.

Классификация нивелиров приведена в табл. 1.

Типы	Краткая характеристика	Область применения
Н-05	Нивелир высокоточный с оптическим микрометром для определения превышений с погрешностью не более 0,5мм на 1 км двойного хода	Нивелирование I и II классов в государственных сетях, на геодезических полигонах, при инженерно-геодезических работах
Н-3 (Н-3К, Н-3КЛ)	Нивелир точный для определения превышений с погрешностью не более 3 мм на 1 км двойного хода	Нивелирование III и ГУ классов, инженерно-геодезические изыскания
Н-10 (Н-10К, Н-10КЛ)	Нивелир технический для определения превышений с погрешностью не более 10 мм на 1 км двойного хода	Нивелирование для обоснования топографических съемок, инженерно-геодезические изыскания, в строительстве

В зависимости от устройства, применяемого для приведения визирной оси в горизонтальное положение, нивелиры всех типов выпускаются двух исполнений: с уровнем при зрительной трубе и с компенсатором углов наклона. При наличии компенсатора в типе нивелира добавляется буква К (например, Н-3К).

Нивелиры Н-3 и Н-10 изготавливаются также с лимбами для измерения горизонтальных углов. При наличии лимбов в типе нивелира добавляется буква Л.

Нивелиры с цилиндрическими уровнями нивелирования

Нивелир Н-3 (рис. 30) служит для нивелирования I и II классов и технического нивелирования.

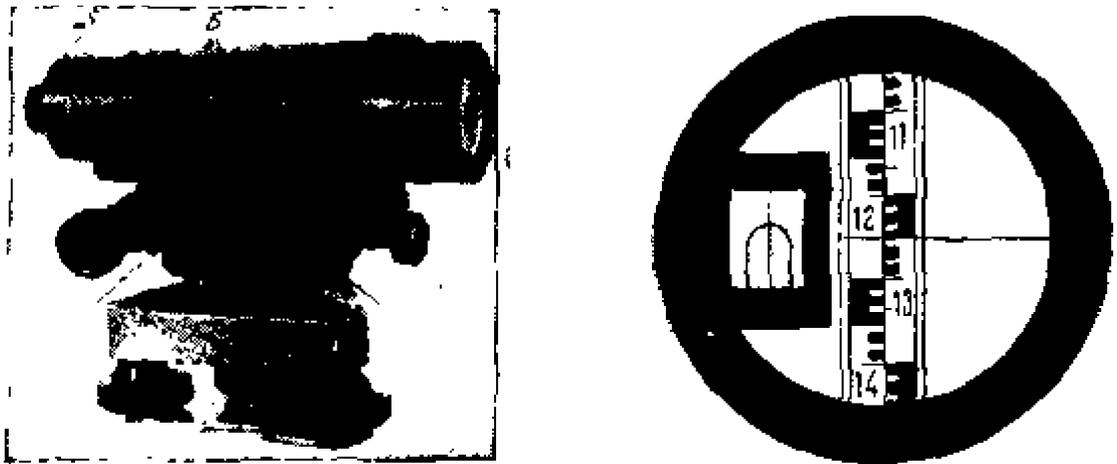


Рис. 30

Он состоит из зрительной трубы 5 с цилиндрическим уровнем, наводящим 2, закрепительным / и элевационным 4 винтами.

С левой стороны трубы расположен цилиндрический уровень и призмное устройство, с помощью которого изображение концов пузырька уровня передается в поле зрения трубы. С правой стороны трубы находится маховичок (кремальера) в фокусирующего устройства

С помощью *элевационного* винта производят точную установку визирной оси трубы в горизонтальное положение перед отсчетом по рейке, совмещая изображения концов пузырька цилиндрического уровня (рис. 30).

Для юстировки цилиндрического уровня в корпусе трубы со стороны окуляра имеется четыре исправительных винта, закрытых крышкой.

Нивелир Н-10Л предназначен для технического нивелирования. Для приведения визирной оси в горизонтальное положение служит цилиндрический уровень. С помощью системы призм изображение концов пузырька уровня передается в поле зрения трубы.

Нивелир Н-10К с самоустанавливающейся визирной осью предназначен для технического нивелирования. Он снабжен призмным компенсатором, обеспечивающим автоматическую установку визирной оси в горизонтальное положение при наклонах подставки в пределах $\pm 15'$.

Нивелирные рейки и их исследование

Нивелирные рейки представляют собой деревянные бруски, изготовленные из древесины отборного сорта, длиной 1,5; 3 или 4 м и толщиной 2—3 см. На рейки наносят шашечные деления и арабскими цифрами подписывают значения дециметров. Начало каждого десятого деления обозначают черточками. Для того чтобы рейки не коробились, их изготавливают двутаврового сечения, прикрепляя к краям бортики. Для прочности их верхние и нижние концы оковывают железом. Счет делений

ведут от нижнего конца (пятки) рейки, устанавливаемой на точке при нивелировании.

Рейки бывают односторонними, когда деления нанесены на одной с делениями на двух сторонах. Двусторонние рейки имеют на одной стороне чередующиеся шашки черного и белого цветов (черная сторона), а на другой стороне — красного и белого цветов (красная сторона). Для облегчения отсчетов первые пять сантиметровых делений (шашек) каждого дециметра объединены в виде буквы Е. На черных сторонах комплекта реек счет делений ведут от нуля, совпадающего с пяткой рейки а на красных — от произвольных чисел, например, от отсчета 4687 мм. В результате разность отсчетов по двум сторонам одной пары реек является постоянной величиной. Использование в работе красной и черной сторон реек позволяет контролировать процесс нивелирования и повышать точность определения превышений.

Согласно ГОСТу 11158—96, нивелирные рейки, предназначенные для геометрического нивелирования, изготавливаются трех типов:

- а) РН 05 — односторонние штриховые рейки для нивелирования I и IV классов с погрешностью 0,5 мм на 1 км хода;
- б) РН-3 — двусторонние шашечные рейки для нивелирования III и IV классов с погрешностью 3 мм на 1 км хода;
- в) РН-10 — двусторонние шашечные рейки для технического нивелирования с погрешностью 10 мм на 1 км хода.

Рейки имеют следующую длину; РН-05—3000 и 1200 мм; РН-3 — 1500, 3000 и 4000 мм; РН-10 — 4000 мм Рейки длиной 4000 мм изготавливаются складными, состоящими из двух шарнирно соединяемых частей, а рейки типа РН-3 длиной 3000 мм могут быть складными и цельными.

4. Исследования и поверки нивелиров

Перед выездом на полевые работы тщательно осматривают и исследуют нивелир, чтобы убедиться в наличии необходимых принадлежностей, запасных частей и исправности нивелира. Прибор должен соответствовать требованиям государственного стандарта.

При осмотре нивелира обращают внимание на исправность всех его частей, плавность движения при вращении подъемных, закрепительных и наводящих устройств, отсутствие коррозии и других дефектов. Оценивают четкость одновременного изображения сетки нитей и концов пузырька цилиндрического уровня, качество изображения при фокусировке трубы на различные предметы.

Для оценки оптических качеств зрительной трубы визируют на рейку, установленную на расстояниях 25 и 100 м от нивелира. В случае неясных, искаженных или сильно окрашенных делений рейки качество зрительной трубы признается плохим и нивелир подлежит замене другим прибором.

У нивелиров с цилиндрическим уровнем и элевационным винтом, а также у нивелиров с самоустанавливающейся визирной осью **поверяют** выполнение следующих условий.

1. **Ось круглого уровня должна быть параллельна вертикальной оси нивелира.** (Осью круглого уровня называют линию радиуса сферической поверхности, проходящего через нуль-пункт).

Подъемными винтами приводят пузырек уровня в нуль-пункт. Поворачивают нивелир вокруг вертикальной оси на 180° . Если пузырек оказался в нуль-пункте, то условие выполнено. Если же он отклонился от центра, то исправительными винтами уровня его перемещают на половину дуги отклонения, а подъемными винтами приводят в нуль-пункт. После этого нивелир снова поворачивают на 180° и в случае, если он вновь сойдет с нуль-пункта, производят вторичное исправление. Так действуют до тех пор, пока при повороте нивелира он останется в нуль-пункте.

Проверку круглого уровня у нивелиров с самоустанавливающейся визирной осью целесообразно выполнять с помощью накладных цилиндрических уровней с ценой деления не более $30''$.

С использованием этого уровня приводят вертикальную ось нивелира в отвесное положение, а затем юстируют круглый уровень до тех пор, пока при вращении трубы он будет оставаться в нуль-пункте.

2. **Горизонтальная нить сетки должна быть перпендикулярна к вертикальной оси нивелира.**

Для проверки этого условия на расстоянии 5—8 м от нивелира устанавливают рейку и берут отсчеты по одному и другому концам горизонтальной нити. Если отсчеты будут одинаковыми, то условие выполнено. Если же отсчеты различаются более чем на 1 мм, то с помощью исправительных винтов поворачивают сетку до получения одинаковых отсчетов.

3. **Визирная ось зрительной трубы должна быть параллельна оси цилиндрического уровня** (у нивелиров с цилиндрическими уровнями) или **визирная ось должна быть горизонтальна** (у нивелиров с компенсаторами). Это основное геометрическое условие нивелиров проверяют двумя способами.

Первый способ. Проверку выполняют двойным нивелированием по способу вперед точек *A* и *B*, прочно закрепленных металлическими костылями на расстоянии 50—70 м один от другого.

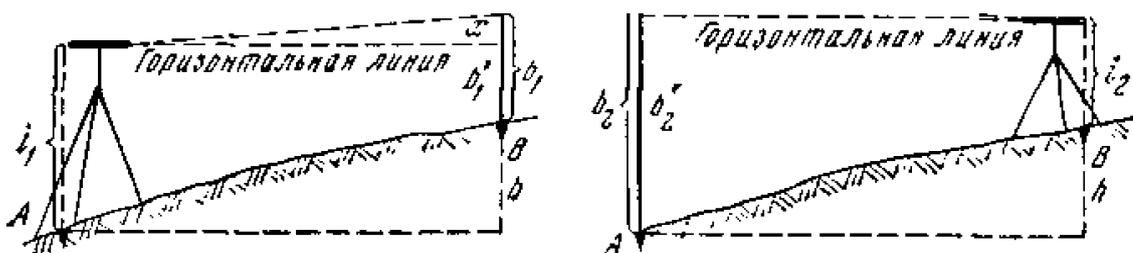


Рис. 31

Погрешность за несоблюдение основного геометрического условия нивелира определяется по следующей формуле

$$x = \frac{b_1 + b_2}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2}.$$

Допустимая погрешность величины x не должна превышать 4мм

Если величина x превышает 4мм, то исправляют непараллельность осей. Для этого сначала вычисляют правильный отсчет по рейке на второй станции. Затем у нивелиров с цилиндрическими уровнями и элевационными винтами (Н-3, Н В I, Н-10, НТ) исправляют положение оси уровня, а у нивелиров с компенсаторами (Н-3К, НС4, Н-10Кі НТС) — положение визирной оси.

Исправление производят следующим образом:

у нивелиров с цилиндрическими уровнями элевационным винтом приводят горизонтальную нить сетки на исправленный отсчет, после чего вертикальными исправительными винтами цилиндрического уровня совмещают изображения концов пузырька уровня;

у нивелиров с компенсаторами приводят пузырек круглого уровня в нуль-пункт, после чего вертикальными исправительными винтами сетки наводят горизонтальную нить на исправленный отсчет.

В обоих случаях для контроля поверку повторяют.

Тема: ТРАССИРОВАНИЕ ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ

План:

1. Основные принципы трассирования линейных сооружений
2. Разбивка кривых в главных точках
3. Нивелирование трассы. вычисление высот точек
4. Составление профиля трассы.

В плане трасса (например, дорог, каналов) часто состоит из прямолинейных участков, плавно соединяемых между собой кривыми различных радиусов кривизны. В продольном профиле трасса состоит из линий разного уклона, сопрягающихся вертикальными круговыми кривыми.

К трассам предъявляют определенные требования, обусловленные видами проектируемых сооружений. Так, например, к трассам каналов предъявляют требования по минимальным и максимальным уклонам в расчете на обеспечение необходимых расходов воды и скоростей водных потоков. При проектировании дорог с твердым покрытием прежде всего обращают внимание на плавность и безопасность движения при заданных скоростях движения транспорта. В связи с этим на трассах дорог устанавливают максимально допустимые уклоны и максимальные радиусы кривизны кривых.

Различают *камеральное* и *полевое трассирование*. В первом случае трассу проектируют по топографическим планам и картам или материалам аэрофотосъемки, во **втором** трассу находят непосредственно на местности.

В зависимости от характера рельефа местности различают трассирование *по заданному направлению* и *по заданному уклону*. Трассирование по заданному направлению обычно выполняют в равнинных и среднепересеченных районах, где естественные уклоны обычно меньше допустимых. В этом случае трассирование сводится к перенесению в натуру запроектированных на топографических картах трасс и их уточнению на местности.

В горной и сильно пересеченной местности, где уклоны значительно превышают допустимые значения, трассу укладывают по заданному уклону. При этом, чтобы выдержать допустимые уклоны, искусственно удлиняют трассу, отклоняя ее на большие углы от прямой. Для сооружения прямых линий используют различные криволинейные элементы (извилины, спирали и др.)

Трассирование линейных сооружений состоит в определении на местности положения главных точек оси сооружения, запроектированного на топографическом плане, закрепления этих точек знаками, а на длинных прямолинейных участках — также и створных точек, вешении и измерении линий, измерении углов в точках поворотов, разбивке пикетажа, разбивке круговых кривых на углах поворотов, нивелировании осей трасс и поперечников, составлении планов и продольных профилей.

После вынесения в натуру главных точек по трассе прокладывают теодолитные или полигонометрические ходы, используя в качестве исходных пункты триангуляции или полигонометрии, расположенные поблизости от трассы. В ходы включают все вынесенные в натуру основные точки трассы (начало и конец трассы, вершины углов поворота, заложенные реперы, створные знаки и др.). В процессе проложения теодолитных или полигонометрических ходов производят вешение линий между углами поворота трассы, измеряют горизонтальные углы, линии, *разбивают пикетаж*.

Измерение линий и разбивку пикетажа (пикетов через 100 м, плюсовых точек, поперечников) производят 20-метровой мерной лентой в одном направлении с контролем по нитяному дальномеру.

Пикеты закрепляют деревянными кольями, забиваемыми вровень с землей, сторожками и окапывают. Начало трассы обозначают пикетом № 0, Характерные точки местности (перегибы скатов) отмечают *плюсовыми точками*, на которых указывают расстояния до ближайших пикетов (например, П К 2 + 7 0).

При разбивке пикетажа ведут полевой журнал — *пикетажную книжку*, в которой на оси трассы показывают положение пикетов и плюсовых точек, углы поворота трассы, реперы, поперечники, результаты угловых и линейных измерений, абрис съемки полосы земли вдоль трассы, значения углов поворота радиусов и элементов кривых. Около соответствующих углов поворота *приводят расчеты пикетажных обозначений* начала и конца кривой. Углами поворота принято считать углы отклонения трассы от предыдущего направления φ .

Кривую K определим из соотношения

$$\frac{K}{2\pi R} = \frac{\varphi}{360^\circ}$$

Следовательно,

$$K = \frac{\varphi}{180^\circ} \pi R.$$

Домер представляет собой разность между длиной ломаной ABC и кривой AMC , т. е.

$$D = 2T - K.$$

Биссектриса

$$B = OB - OM = \frac{R}{\cos \frac{\varphi}{2}} - R = R(\sec \frac{\varphi}{2} - 1)$$

3. Нивелирование трассы. вычисление высот точек

После выноса трассы в натуру (углов поворота, створных знаков и др.), разбивки пикетов, плюсовых точек, поперечных профилей, главных точек кривой и выноса пикетов на кривые производят нивелирование трассы, в процессе которого определяют высоты перечисленных точек, а также реперов, заложенных вдоль трассы через определенные (3—5 км) расстояния.

Нивелирование производят методом из середины с контролем на станции (определение превышений по черным и красным сторонам двусторонних реек; получение превышений при двух горизонтах прибора в случае применения односторонних реек). С целью контроля и повышения точности определения превышений трассу нивелируют в прямом и обратном направлениях или двумя нивелирами — один вслед другому в одном направлении.

Схема нивелирования трассы показана на рис. 33. При нивелировании **пикеты** обычно являются **связующими** точками (например, ПК6, ПК7, ПК8, ПК9), а **плюсовые** (например, **ПК,6-+-60**), как правило, **промежуточными**.

На связующие точки берут отсчеты по рейке с двух смежных станций по черным и красным сторонам реек, в результате чего

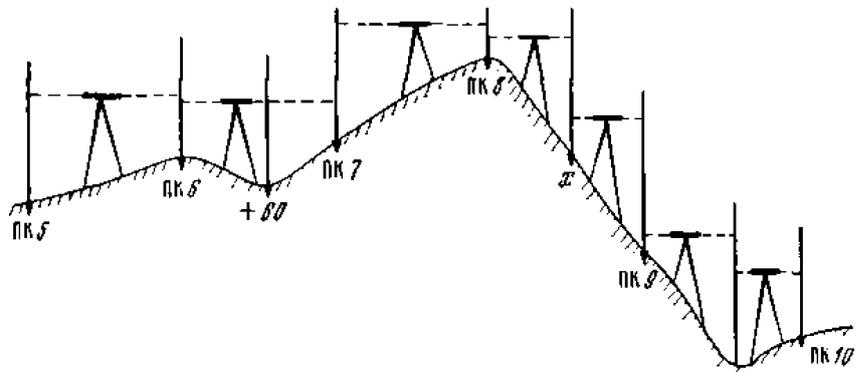


Рис 33.

на каждой станции получают два значения превышения, из которых затем вычисляют средние значения. На промежуточные точки берут отсчеты с одной станции только по черной стороне рейки. При нивелировании на крутом и однородном скате может случиться, что визирный луч «бьет» в землю или идет выше реек. В таких случаях вместо одной делают две или несколько станций с дополнительными связующими точками, называемыми **иксовыми**, так как расстояния до них не измеряют (например, точка *x* между пикетами 8 и 9).

При нивелировании трассы ведут **журнал технического нивелирования**.

4. Составление профиля трассы.

Нивелирование трассы завершают графическим оформлением полевых наблюдений — составлением профиля трассы по данным журнала нивелирования и пикетажной книжки. Для придания профилю лучшей наглядности линию профиля утрируют, т. е. наносят высоты в более крупном (обычно в 10 раз) масштабе, чем горизонтальные проложения (1 : 10 000 и 1 : 1000; 1 : 5000 и 1 : 500; 1 : 2000 и 1 : 200). Поперечные профили составляют в одном масштабе для горизонтальных и вертикальных расстояний.

Построение профиля начинают с расчета расположения линии условного горизонта на миллиметровой бумаге. Ниже этой линии делают разграфку параллельными линиями для записи необходимых данных.

Высоту условного горизонта выбирают так, чтобы самая низкая точка профиля расположилась выше линии условного горизонта на 2—4 см. В соответствующую строку наносят все пикеты и плюсовые точки, после чего от линии условного горизонта откладывают высоты пикетов и плюсовых точек в принятом для вертикальных расстояний масштабе.

Все нанесенные по отметкам точки последовательно соединяют прямыми линиями и получают линию профиля.

Полученные в результате нивелирования трассы высоты называют отметками земли, или фактическими отметками. Фактические отметки выписывают в соответствующую графу. В графе расстояний выписывают

расстояния между точками лишь в том случае, если имеются плюсовые точки. Под линией графы расстояний выписывают номера пикетов.

На плане прямых и кривых наносят точки начала и конца кривых. От этих точек проводят линии вверх до линии пикетов. Около этих линий выписывают расстояния до ближайших пикетов.

От начала каждой кривой до ее конца проводят условные дуги. Если поворот трассы вправо — дугу проводят сверху, если трасса поворачивает влево — внизу. Около дуг выписывают все элементы кривой. Отрезки прямых линий между концом предшествующей кривой и началом последующей кривой называют прямыми вставками.

Над серединой каждой прямой вставки выписывают ее длину, а под ней — румб. Контролем расстояний служит сумма длин всех прямых вставок и кривых, которая должна быть равна длине всей трассы.

Румб исходной линии трассы получают привязкой к пунктам имеющейся геодезической сети. Румбы прямых вставок вычисляют по уравненным углам поворота трассы.

Посредине плана местности проводят ось трассы прямой линией красного цвета. В точках поворота трассы показывают стрелками направления поворотов. На плане условными знаками показывают ситуацию.

В самой нижней графе выписывают названия грунтов, по которым проходит трасса. Вверху трассы показывают привязки к реперам и положения реперов относительно оси трассы.

Поперечные профили строят над теми точками, от которых они построены на местности. Вверху профиля делают надписи согласно существующим наставлениям по производству работ.

Профиль оформляют тушью в три цвета: черной, красной и синей.

Тема: НИВЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ УЧАСТКОВ ПО КВАДРАТАМ

План:

1. Сущность нивелирования по квадратам.
2. Вычислительная обработка журнала нивелирования по квадратам
3. Составление плана участка местности
4. Съёмка ситуации и рельефа
5. Обработка результатов тахеометрической съёмки.

Составление плана

Поверхность земли нивелируют по квадратам при топографической съёмке открытых плоскоравнинных участков местности с незначительными уклонами (0,0002—0,005) в крупных (1 : : 1000—1 : 5000) масштабах с малой (0,25—0,5 м) высотой сечения рельефа с целью составления проектов

вертикальной планировки и подсчетов объемов земляных работ. Такую работу выполняют на поливных участках и рисовых чеках при строительстве оросительных систем, на строительных площадках при возведении объектов промышленного, гражданского и спортивного строительства.

В зависимости от характера рельефа, требуемой точности его отображения, сложности и стоимости сооружения и других, факторов разбивают сети квадратов со сторонами от 10 до 100 м.

При нивелировании по квадратам небольших участков земной поверхности с целью получения топографических планов для проектирования отдельных сооружений (животноводческих комплексов, стадионов и др.) опорную сеть квадратов не создают, а сразу разбивают заполняющую сеть квадратов заданных размеров (например, 10X10, 20 x 20 м). Вершины квадратов закрепляют кольшками.

Перед началом нивелирования поверхности на плотной бумаге составляют схему квадратов, которая одновременно является и полевым журналом нивелирования. Чтобы исключить ошибки в работе, каждого реечника снабжают такой схемой с указанием порядка перемещения по вершинам квадратов. Кольшки на местности нумеруют так же, как и на схеме. Если на сторонах квадратов имеются точки перегиба, то их отмечают как плюсовые пикеты.

Методом горизонта прибора вычисляют и записывают на схему высоты всех промежуточных точек, взятых с данной станции.

2. Вычислительная обработка журнала нивелирования по квадратам

По данным, приведенным в схеме - журнале нивелирования по квадратам (рис. 34) вычисляют превышения между связующими точками по формуле

$$h = a - v , \quad (1)$$

где: a – отсчет по задней рейке;

v - отсчет по передней рейке.

Например: на I-й станции величина h вычислена по разностям отсчетов снятых по двум сторонам реек, установленных на репере Rp1 (задний) и связующей точке № 1 (передний) следующим образом

$$h_1 = 2593 - 1018 = +1575 \text{ мм} ;$$

$$h_2 = 7276 - 5703 = +1573 \text{ мм}.$$

Вычисленные значения превышений записывают в графу 2 табл. 2.

Если на станции вычисленные значения превышений равны или отличаются не более 4мм, то находят среднее значение и записывают в графу 3 табл. 2.

Например: $h_{cp} = 1575 + 1573 = 3148 : 2 = 1574 \text{ мм}.$

Таким образом, вычисляют превышения и их среднее значение на других станциях.

Вычисляют невязку в превышениях замкнутого нивелирного хода. Известно что, алгебраическая сумма превышений в замкнутом нивелирном

ходе равна нулю (теоретически), но вследствие допущенных погрешностей при измерений, практическая сумма превышений не будет равен нулю, а значению f_h называемому невязкой в превышениях нивелирного хода т.е.

$$f_h = \Sigma h_{np} , \quad (2)$$

где: Σh_{np} – практическая сумма превышений между связующими точками.

В рассматриваемом примере :

$$f_h = +1574 - 447 - 1770,5 + 650 = +6,5 \text{ мм} .$$

При нивелировании поверхности по квадратам допустимую невязку в превышениях нивелирного хода вычисляют по следующей формуле

$$f_{h \text{ доп}} = \pm 10 \text{ мм} \sqrt{n} , \quad (3)$$

где: n – число станций.

Результаты вычислений записывают в конце таблицы 1).

В рассматриваемом примере :

$$f_{h \text{ доп}} = \pm 10 \text{ мм} \sqrt{n} = 10 \sqrt{4} = \pm 20 \text{ мм} .$$

Если $f_h \leq f_{h \text{ доп}}$ условие считается выполненным (в нашем примере $6,5 < 20$ мм, условие выполнено), то значение f_h распределяется с обратным знаком значениям средних превышений (см. столб. 3 табл. 1).

По значениям поправок находят величины исправленных превышений и записывают их в столб. 4 табл. 1).

По известной высоте начального репера и найденным значениям исправленных превышений вычисляют высоты последующих связующих точек по формуле

$$H_n = H_{n-1} + h_{исп} , \quad (6)$$

где : $H_n ; H_{n-1}$ – высоты соответственно последующей и предыдущей связующей точки;

$h_{исп}$ - исправленное превышение.

Например: $H_1 = H_{\text{реп.1}} + h_{\Gamma} = 32,693 + 1,573 = 34,266 \text{ м} .$

$H_2 = 34,266 - 0,449 = 33,817 \text{ м}$ и т.д.

Контролем вычислений является выход значения высоты исходного репера.

Таблица 2

Вычисление высот связующих точек

№ связ.	Превышение $h, \text{ м}$			Высоты точек $\text{I}, \text{ м}$
	$h_{\text{ау}}^{\text{в}}$	$h_{\text{н}}^{\text{д}}$	$h_{\text{еи}}^{\text{и}}$	
Рп	+1575	- 2		32,693
		+1575	+1573	
№ 1	+1575			34,266
№ 1	- 446	- 1		34,266

		- 447	- 449	
№ 2	- 448			33,817
№ 2	- 1770	- 2,5		33,817
		- 1770,5	- 1773	
№ 3	- 1771			32,044
№ 3	+649	-1		32,044
		+650	+649	
Rp	+651			32,693

$$f_h = \sum h_{\bar{n}\delta} = +6,5\text{мм}$$

$$f_{h_{\bar{n}\delta}} = \pm 10\text{мм} \quad \sqrt{n} = \pm 20\text{мм}$$

Для определения высот промежуточных точек вычисляют горизонт прибора

$$\text{ГП} = H_{\text{зад}} + a \quad \text{или} \quad \text{ГП} = H_{\text{пер}} + b, \quad (7)$$

где $H_{\text{зад}}$, $H_{\text{пер}}$ – высоты задних и передних связующих точек;

a , b – отсчеты по черной стороне реек, установленных на этих точках.

Например: на I-ой станции:

$$\text{ГП} = H_{\text{зад}} + a = 32,693 + 2,593 = 35,286\text{м},$$

$$\text{ГП} = H_{\text{пер}} + b = 34,266 + 1,018 = 35,284\text{м}.$$

Так как полученное расхождение в значениях горизонта прибора меньше 10мм, то в журнал выписывают среднюю величину 35,285м (рис.1).

По вычисленным значениям горизонтов прибора находят значения высот промежуточных точек по формуле

$$H_c = \text{ГП} - c, \quad (8)$$

где c - отсчет по рейке установленной на промежуточной точке.

Например: $H_{c1} = 35,285 - 1,499 = 33,786\text{м},$

$H_{c2} = 35,285 - 0,436 = 34,848\text{м}$ и т.д.

Все вычисленные высоты промежуточных точек записывают в журнал около соответствующих вершин квадратов под значением отсчетов по рейке.

а

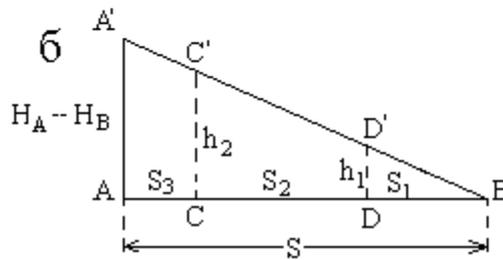
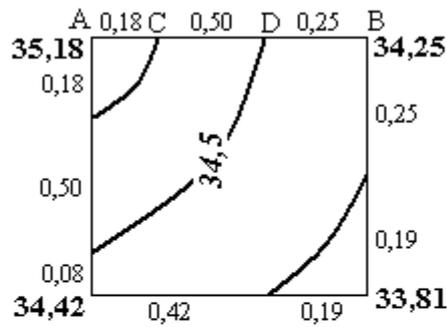


Рис. 35.

Из подобия треугольников

$$\frac{s_1}{s} = \frac{h_1}{H_A - H_B}; \quad s_1 = \frac{h_1}{H_A - H_B} s.$$

Вычислив s_1 , можно определить s_2 совместно с s_1

$$s_1 + s_2 = \frac{h_2}{H_A - H_B} s.$$

Например: Для верхней стороны квадрата АВ длиной $s = 20\text{м}$

$$s_1 = \frac{h_1}{H_A - H_B} s = \frac{0,25}{0,93} 20 = 5,4\text{м}; \quad s_1 + s_2 = \frac{h_2}{H_A - H_B} s = \frac{0,75}{0,93} 20 = 16,2\text{м}.$$

Полученные расстояния s_1 и $s_1 + s_2$ откладывают от точки В в сторону точки А в масштабе плана.

Аналогично интерполируют по другим сторонам квадрата, после чего проводят горизонтали через точки с одинаковыми высотами.

При графическом способе интерполирования применяют миллиметровую бумагу или палетку с параллельными линиями.

Интерполирование с помощью миллиметровой бумаги выполняют следующим образом. К интерполируемой линии ab плана необходимо приложить соответствующих размеров кусок миллиметровой бумаги, обрезанной ровно по одной из линий сетки квадратов. Выбрав произвольно масштаб высот и условный горизонт (на рис. 35 в одном сантиметре – $0,25\text{м}$ и нижняя линия сетки принята за $H = 34,00\text{ м}$), отложив высоты концов

отрезка 34,25 и 34,88 по перпендикуляру к линии ab и в результате получим точки A и B . Далее, соединив эти точки прямой, получим профильную линию AB . Точки пересечения линии профиля горизонтальными линиями с высотами 34,50 и 34,75 необходимо ортогонально спроектировать на сторону квадрата ab . Через точки проекций c и d будут горизонтали с высотами 34,50 и 34,75.

Палетка представляет собой ряд параллельных линий, проведенных на восковке через 0,5 или 1 см и подписанных высотами горизонталей (рис. 36).

Палетку накладывают на план так, чтобы точка A заняла положение на ней, соответствующее своей высоте, и в таком положении палетку прикладывают к плану в точке A иглой измерителя.

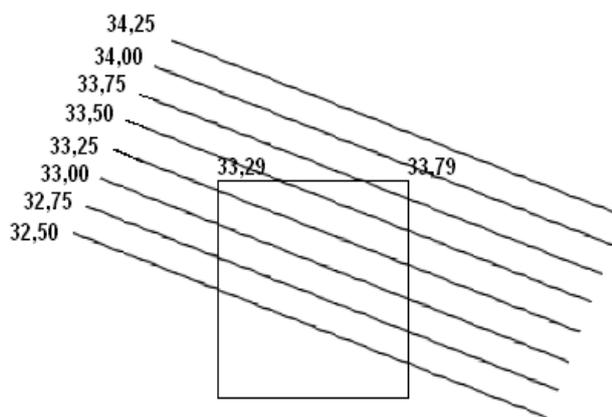


Рис. 36.

Затем поворачивают палетку вокруг точки A так, чтобы точка B разместилась на палетке также соответственно своей высоте. Прокалывая точки пересечения линии AB на плане с линиями на палетке, получают точки с высотами горизонталей. Интерполируя, также получают точки, через которые пройдут горизонтали, на всех сторонах квадратов, а иногда и на их диагоналях. Полученные таким путем точки с одинаковыми высотами соединяют карандашом плавными линиями. Высоты горизонталей подписывают так, чтобы верх цифр был обращен в сторону повышения ската.

Оформляют план в туши. Вершины квадратов обозначают черными точками и справа подписывают их высоты черной тушью. Горизонтали и Берг – штрихи вычерчивают тонко коричневой тушью. Метровые горизонтали утолщают и подписывают их высоты так, чтобы низ цифр был направлен в сторону понижения рельефа.

Тема: СУЩНОСТЬ ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

План:

1. Общие сведения о тахеометрической съёмке.
2. Сведения о приборах, применяемых для тахеометрической съёмки
3. Съёмочное обоснование тахеометрической съёмки.
Тахеометрические ходы
4. Съёмка ситуации и рельефа
5. Обработка результатов тахеометрической съёмки.
Составление плана

1. Общие сведения о тахеометрической съёмке

Тахеометрическая съёмка является одним из методов наземной топографической съёмки.

Приборами для этой съёмки служат теодолиты или специальные приборы—тахеометры .

Слово «тахеометрия» — греческое и означает «быстрое измерение». Быстрота измерения достигается тем, что положение снимаемой точки в плане и по высоте определяют при одном наведении трубы тахеометра на рейку, получая расстояние (по дальномеру), горизонтальный угол *и* вертикальный угол или превышение. Тахеометрическая съёмка отличается от теодолитной тем, что, кроме ситуации, производится съёмка рельефа местности, а от мензальной съёмки тем, что план местности составляется не в поле, а в камеральных условиях.

По сравнению с мензальной тахеометрическая съёмка имеет свои преимущества и недостатки. Преимущества ее в том, что она может применяться при погоде, неблагоприятной для мензальной съёмки, и позволяет выполнить полевую работу в кратчайший срок. Кроме того, план тахеометрической съёмки может быть составлен в более короткий срок, так как камеральные работы могут выполняться другим исполнителем вслед за выполнением части полевых измерений по съёмке.

К недостаткам тахеометрической съёмки следует отнести то, что при составлении плана исполнитель не видит местность и поэтому не может в камеральных условиях выявить допущенные промахи путем сличения плана с местностью (пропуски, искажения контуров, погрешности в изображении рельефа и т. п.).

Тахеометрическая съёмка применяется для создания планов небольших участков в крупном масштабе как основной вид съёмки или в сочетании с другими видами. Она выполняется в тех случаях, когда проведение других видов съёмок экономически нецелесообразно или технически затруднительно. Особенно выгодно ее применение для съёмки узких, но достаточно длинных полей местности при различных изысканиях (трасс дорог, трубопроводов, линий высоковольтных передач и т. п.),

2. Сведения о приборах, применяемых для тахеометрической съемки

Для целей тахеометрической съемки может служить технический теодолит, имеющий горизонтальный и вертикальный круги (ТЗ0, Т15, ТТ-5 и др.), а также специальный прибор—тахеометр.

Для удобства вычислений вертикальных углов место нуля вертикального круга (МО) приводят к нулю. Следует обратить внимание на сохранение постоянства места нуля. Его колебания не должны превышать Γ . Место нуля определяется для средней или для нижней нити сетки при круге лево, при котором обычно производят съемку. В этом случае, наведя нижнюю нить на верх рейки, производят по ней отсчет и, не перемещая трубу, делают отсчеты по вертикальному и горизонтальному кругам.

При работе с теодолитами применяют рейки такого же типа, какие используются при мензульной съемке. При производстве крупномасштабных съемок часто применяют нивелирные рейки.

Типы тахеометров:

- 1) тахеометр электрический ТЭ;
- 2) тахеометр с авторедукционным дальномером ТД;
- 3) тахеометр номограммный ТН;
- 4) Электронные тахеометры.

В настоящее время при тахеометрической съемке все чаще находят применение электронные тахеометры выпускающие различными зарубежными фирмами дают возможность автоматически измерять горизонтальное проложение и превышение

К ним можно отнести такие как Leica (Швейцария), Trimble(США), Sokkia(Япония) и др. Фирмой Leica (Швейцария) выпускаются электронные тахеометры серии TPS 400, TPS 800, TPS1200, фирмой Trimble(США) электронные тахеометры серии 3600 и 5600 а также Fokus 4. Эти приборы предназначены для топографических, кадастровых съёмок, а также геодезических измерений в строительстве. Эти приборы отличаются простотой в работе, а также имеют ряд преимуществ: широкий набор программных обеспечений; встроенные приложения для съёмочных и инженерных работ; возможность интеграции с GPS-приемниками.

3. Съёмочное обоснование тахеометрической съемки.

Тахеометрические ходы

Для производства тахеометрической съемки производят сгущение существующей геодезической сети пунктами съёмочного обоснования до плотности, обеспечивающей проложение на всей территории съемки тахеометрических ходов с соблюдением технических требований инструкции, приведенных в табл. 3.

Тахеометрическая съемка может производиться с любого пункта геодезической опоры, но в основном она выполняется с точек тахеометрических ходов. Все точки, с которых производится съемка, называют съёмочными.

До производства полевых работ по съемке на имеющейся карте составляют проект тахеометрических ходов. При рекогносцировке проект ходов уточняют и точки хода закрепляют деревянными кольями длиной 30—40 см и толщиной 4—6 см с забитым в верхний торец каждого кола гвоздем. При необходимости обеспечения сохранности пунктов на несколько лет их закрепляют деревянными столбами длиной 1,5—2,0 м и диаметром 15—20 см; в верхний торец столба забивают гвоздь, служащий центром пункта.

Горизонтальные и вертикальные углы в ходах измеряют при двух положениях вертикального круга; стороны ходов измеряют, как правило, дальномером в прямом и обратном направлениях, а в некоторых случаях — лентой. Все измерения записывают в полевой журнал. При высоте сечения рельефа 0,5 м высоты точек ходов определяют техническим нивелированием.

Т а б л и ц а 28

Масштаб съемки	Максимальная длина хода, м	Максимальная длина линий, м	Максимальное число линий в ходе
1 : 5000	1200	300	6
1 : 2000	600	200	5

Вертикальные углы, измеренные с помощью теодолита ТЗО, вычисляют по одной из формул

$$v = \frac{КЛ - КП - 180^\circ}{2}, \quad (\text{VIII.1})$$

$$v = КЛ - МО = МО - КП - 180^\circ, \quad (\text{VIII.2})$$

а место нуля — по формуле

$$МО = \frac{КЛ + КП + 180^\circ}{2}. \quad (\text{VIII.3})$$

Контролем правильности измерения вертикальных углов служит постоянство МО, колебание которого не должно превышать 1'.

4. Съёмка ситуации и рельефа

Съемку ситуации и рельефа обычно производят попутно с проложением тахеометрических ходов, применяя для этого полярный способ.

Максимальные допустимые расстояния от тахеометра до рейки и между пикетами зависят от масштаба съемки и высоты сечения рельефа. Для двух масштабов эти значения приведены в табл. 4.

Т а б л и ц а 30

Масштаб съемки	Высота сечения рельефа, м	Максимальное расстояние между пикетами, м	Максимальное расстояние от прибора до рейки при съемке рельефа, м	Максимальное расстояние от прибора до рейки при съемке контура, м
1 : 2000	0,5	40	200	100
	1,0	40	250	100
1 : 5000	0,5	60	250	150
	1,0	80	300	150
	2,0	100	350	150

В том случае, когда съемка подробностей производится попутно с проложением тахеометрического хода, работа на съемочной точке применительно к съемке с помощью теодолита обычно выполняется в следующем порядке.

1. Устанавливают теодолит в рабочее положение и измеряют его высоту с округлением до 1 см.
2. Измеряют горизонтальный угол хода, а также вертикальные углы на заднюю и переднюю точки и определяют по дальномеру расстояния до этих точек.

При положении трубы КЛ совмещают нулевой штрих алидады с нулевым штрихом лимба. Скрепив алидаду с лимбом, наводят трубу на заднюю (или переднюю) точку хода, ориентируя, таким образом, лимб по стороне хода.

4. Оставляя лимб неподвижным, визируют на рейку, установленную на пикете, и берут отсчеты: по рейке, по горизонтальному и вертикальному кругам.

По окончании съемки пикетов на съемочной точке снова визируют на точку, по которой ориентирован лимб, и берут контрольный отсчет. Расхождение с первоначальным отсчетом не должно превышать 2'.

5. Обработка результатов тахеометрической съемки.

Составление плана

В камеральную обработку материалов тахеометрической съемки входит следующее:

- 1) проверка полевых журналов и составление схемы тахеометрических ходов;
- 2) вычисление координат и высот точек тахеометрических ходов;
- 3) вычисление высот пикетов на каждой съемочной точке;
- 4) накладка съемочных точек, пикетных точек, нанесение ситуации и проведение горизонталей.

Формулы допустимых невязок в тахеометрическом ходе следующие:
для угловой невязки

$$f_{\beta_{\text{доп}}} = 1' \sqrt{n}, \quad (\text{VIII.5})$$

где n — число углов в ходе;
для невязки в периметре

$$f_{s_{\text{доп}}} = \frac{\sum s}{400 \sqrt{n}}, \quad (\text{VIII.6})$$

где $\sum s$ — длина хода, n — число сторон в ходе;
для невязки в сумме превышений по ходу

$$f_{h_{\text{доп}}} = 0,04 \frac{\sum s}{\sqrt{n}} \text{ (см)}, \quad (\text{VIII.7})$$

После производства вычислений по результатам тахеометрической съемки переходят к составлению плана. Для этой цели на листе плотной чертежной бумаги или на жесткой основе строят координатную сетку, которую подписывают с таким расчетом, чтобы план разместился в середине листа. Значения подписей сетки для масштаба 1 : 5000 должны быть кратны 500 м, для масштаба 1 : 2000 — кратны 200 м.

По координатам наносят все точки тахеометрического хода. Затем с помощью транспортира и масштабной линейки наносят пикеты. На план выписывают высоты съёмочных точек и пикетов. В соответствии с абрисом съемки наносят ситуацию, производят интерполирование и проводят горизонтالي.

План тахеометрической съемки, выполненный в карандаше, тщательно проверяют в поле путем сличения изображенного на плане с местностью; в случае необходимости применяется инструментальная проверка.

Тема: СУЩНОСТЬ МЕНЗУЛЬНОЙ СЪЕМКИ. ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИБОРЫ

План:

1. Сущность мензульной съемки
2. Испытания и поверки мензулы
3. Испытания и поверки кипрегеля
4. Понятие о геодезических сетях для мензульной съемки
5. Мензульные ходы.. Увязка ходов
6. Съёмка ситуации и рельефа

От теодолитной мензульная съемка отличается, главным образом тем, что при ее применении *измерения на местности и составление плана производятся в поле одновременно*. Если при теодолитной съемке горизонтальные углы измеряют и выражают в градусной (или градовой) мере, то при мензульной съемке *измерение сопровождается графическим построением угла*. Для построения угла лист бумаги прикрепляют к верхней поверхности *мензульной доски*, которую вместе с этим листом называют

планшетом *, и прочерчивают на ней стороны горизонтального угла, параллельные горизонтальным проложениям соответственных линий местности. Поэтому мензульную съемку называют *углоначертательной*.

При мензульной съемке абрис не составляют, расстояния (горизонтальные проложения), измеренные на местности, откладывают на планшете при помощи циркуля-измерителя и масштабной линейки; иногда их значения записывают в полевой журнал для вычисления превышений.

Роль алидады выполняет линейка 1 (рис.37), накладываемая на планшет и являющаяся частью визирного прибора, называемого *кипрегелем*. К верхней поверхности линейки прикреплена колонка 2 с вращающейся, как у теодолита, зрительной трубой 3, вертикальным кругом и уровнем при алидаде вертикального круга. По скошенному ребру линейки кипрегеля прочерчивают направления на точки предметов, наблюдаемых в зрительную трубу.

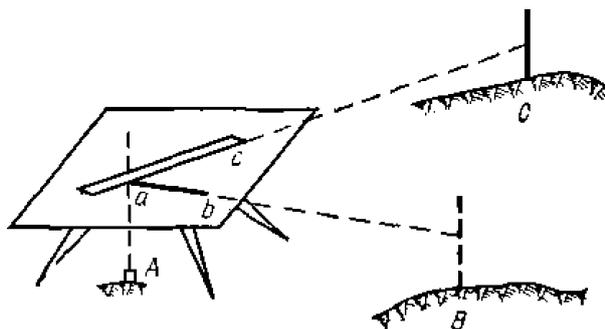


РИС 172

Рис. 37.

По одну сторону от колонки к линейке прикреплен цилиндрический уровень 4, посредством которой верхнюю *поверхность планшета приводят в горизонтальное положение*, а по другую — поперечный масштаб.

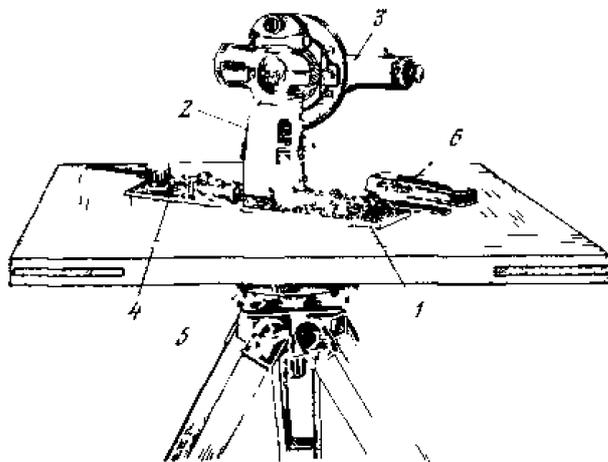


РИС 173

Рис. 38.

Мензультную доску прикрепляют к металлической *подставке 5*, напоминающей нижнюю часть теодолита и состоящей из круга с осью, с тремя винтами для прикрепления доски к подставке и тремя подъемными винтами. Для плавного вращения планшета эта часть имеет наводящее устройство (винт), а для закрепления планшета в неподвижном положении — закрепительный винт. Подставку прикрепляют к штативу при помощи станого винта.

Центрируют мензулу иначе, чем теодолит. Над точкой местности (пунктом) при помощи отвеса *центрируют* положение этой точки на планшете, так чтобы точки оказались на одной отвесной линии. Для центрирования планшета применяют *вилку*. При съемках в масштабе 1 : 5000 и мельче планшет центрируют на глаз, так как погрешность центрирования в большинстве случаев допускается примерно равной половине точности масштаба.

Ориентирование планшета, т. е. установку его так, чтобы *линии на планшете (были параллельны горизонтальным проложениям соответствующих линий местности)*, производят по точкам местности, положение которых на планшете известно. Для этого ребро линейки кипрегеля на планшете прикладывают к изображениям точки стояния мензулы *a* и точки наблюдения *b* (см рис. 37) и вращают планшет до тех пор, пока окажется, что коллимационная плоскость зрительной трубы проходит через точку *B* местности.

Кипрегель, мензультная доска, подставка, тренога, вилка, буссоль, зонт и дальномерная рейка составляют *мензультный комплект*. Для транспортировки кипрегель, подставку и буссоль укладывают в отдельный ящик, а мензультную доску — в брезентовый чехол,

2. Испытания и проверки мензулы.

При приемке мензультного комплекта с завода или перед работой его осматривают и испытывают.

1. Нарезка у станого винта и у конца оси подставки должна быть одинаковой, в результате чего становой винт должен свободно привинчиваться к подставке. Винты, служащие для прикрепления доски к подставке, должны быть хорошо подогнаны к гнездам в доске. Проверка этих условий производится при сборке мензулы.
2. Вращение мензультной доски должно быть свободным и при работе наводящим винтом подставки — плавным. Для проверки вращают мензультную доску и наблюдают за ее движением. При испытании наводящего винта, вращая его, наблюдают в зрительную трубу кипрегеля за плавным перемещением изображения предметов в поле зрения трубы.
3. В собранном виде мензула должна быть *устойчивой* и при надавливании на планшет *пружинить*. Чтобы убедиться в этом, закрепив становой и закрепительный винты, наводят кипрегель на

точку предмета, нажимают на доску снизу вверх, сверху вниз - с обоих боков и наблюдают при этом в трубу кипрегеля, возвращается ли изображение точки предмета в прежнее положение, когда действие силы прекращается.

4. Верхняя поверхность мензульной доски должна быть плоскостью. Выверенную линейку прикладывают ребром в различных направлениях к верхней поверхности доски и смотрят, нет ли просветов между линейкой и доской.

5, Верхняя поверхность мензульной доски должна быть перпендикулярна к вертикальной оси подставки. Чтобы убедиться в этом, на мензульную доску, приведенную в горизонтальное положение, ставят выверенный уровень. При вращении доски пузырек уровня не должен отклоняться от середины более чем на два-три деления.

3. Испытания и поверки кипрегеля

К кипрегелю при испытании предъявляются следующие требования.

1. Скошенный край линейки кипрегеля должен представлять прямую линию, а нижняя поверхность ее должна быть плоскостью.

Линейку кипрегеля поверяют как всякую линейку, по которой прочерчивают прямые линии. Нижнюю поверхность поверяют прикладыванием линейки к какой-либо выверенной поверхности, принимаемой за плоскость.

2. Вертикальный круг кипрегеля должен быть прочно соединен со зрительной трубой, а уровень при вертикальном круге — с алидадой. Испытание производят измерением углов наклона на три-четыре точки местности при обоих положениях вертикального круга. На выполнение этого условия укажет постоянство места нуля.

1. *Ось цилиндрического уровня на линейке кипрегеля должна быть параллельна нижней плоскости линейки.* Для поверки условия линейку кипрегеля ставят на планшет по направлению двух подъемных винтов, приводят ими пузырек уровня на середину (в нуль пункт) и карандашом отмечают положение линейки на планшете. Переставляют кипрегель на 180° . Если пузырек уровня отойдет от середины, то, действуя подъемными винтами, смещают пузырек уровня на половину дуги отклонения, а затем, действуя исправительными винтами уровня, приводят пузырек на середину. Условие считается выполненным, если после перестановки кипрегеля на 180° пузырек отклоняется от середины не более чем на два деления.

2. *Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси кипрегеля.*

Прочерчивают линии на планшете вдоль линейки кипрегеля после наведения на точку предмета при обоих положениях вертикального круга. Условие будет выполнено, если прочерченные линии совпадают или взаимно параллельны. При невыполнении условия у современных кипрегелей перемещают сетку призму, что делают только в мастерской.

3. **Горизонтальная ось кипрегеля должна быть параллельна нижней плоскости линейки.** В современных кипрегелях выполнение этого условия"обеспечивается заводом.

4. **Вертикальная нить сетки должна быть перпендикулярной к горизонтальной оси кипрегеля.** Эта поверка производится двумя способами точно так же, как четвертая поверка теодолита. У современных кипрегелей исправление производится регулировкой сетки-призмы.

К кипрегелю предъявляется дополнительное условие.

5. **Коллимационная плоскость зрительной трубы должна проходить через скошенный край линейки или быть ему параллельной.**

Для поверки наводят трубу на удаленный, но хорошо видимый невооруженным глазом предмет и у концов скошенного края линейки ставят отвесно две иглы. Плоскость, проходящая через иглы, должна проходить через наблюдаемый в трубу предмет.

4. Понятие о геодезических сетях для мензульной съемки

В зависимости от площади снимаемой территории, масштаба съемки и требуемой точности геодезической сетью может быть :

- 1) триангуляция ;
- 2) полигонометрия, прокладываемая обычно в закрытой (залесенной, застроенной) местности;
- 3) теодолитные полигоны и ходы;
- 4) **геометрическая сеть**, представляющая систему треугольников и отличающаяся от триангуляции тем, что при построении триангуляции углы в треугольниках измеряют на местности теодолитами, а положение пунктов геометрической сети получают на планшете графически прямой или боковой засечкой;
- 5) **мензульные ходы**, прокладываемые в закрытой местности, отличаются от теодолитных ходов тем, что углы между сторонами мензульного хода не измеряют теодолитом, а строят на планшете по направлениям сторон в процессе проложения мензульного хода; линии чаще всего измеряют нитяным дальномером и результаты измерений (горизонтальные проложения) откладывают на планшете по направлениям линий хода.

Каждый из этих видов может служить самостоятельной геодезической сетью для мензульной съемки, однако на больших площадях геометрическая сеть и мензульные ходы опираются на пункты триангуляции, полигонометрии и теодолитных ходов.

Высоты пунктов всех видов геодезической сети определяют проложением ходов геометрического нивелирования или тригонометрическим нивелированием.

5. Мензульные ходы. Увязка ходов

В закрытой и полужакрытой местности (залесенной и застроенной), когда построение геометрической сети невозможно, прокладывают

мензульные ходы. Начальной и конечной точками хода служат пункты геодезической сети или надежно определенные в плане и по высоте **переходные точки**. Точки мензульных ходов на местности закрепляют кольями.

В зависимости от длин сторон и способа ориентирования планшета на точках хода мензульные ходы прокладывают двух видов:

- 1) **ход, ориентируемый по точкам** на планшете, когда стороны длинные и на каждой точке планшет ориентируют по предыдущему прочерченному на планшете направлению;
- 2) **ход бусольный**, когда стороны хода короткие и на каждой точке планшет ориентируют по буссоли.

Проложение **хода, ориентируемого по точкам**, состоит в следующем. Установив мензулу в начальной точке, особенно тщательно центрируют и ориентируют планшет по наиболее длинному направлению **АН**. Чем короче стороны хода, тем точнее должно быть центрирование планшета. После этого, приложив ребро линейки кипрегеля к точке **а**, изображающей станцию, визируют на точку хода / (в которой обычно устанавливают рейку) и прочерчивают направление, отметив его на краях планшета. Определив расстояние до точки / по дальномеру, откладывают его горизонтальное проложение от точки **а** и получают положение точки / на планшете. Для определения превышения между точками измеряют угол наклона при обоих положениях вертикального круга и высоту прибора

Затем мензулу переносят в точку / хода, центрируют планшет и приводят его в горизонтальное положение, ориентируют, приложив ребро линейки кипрегеля к прочерченному на предыдущей точке направлению **1-а**, и визируют на пункт **А**. После этого визируют на точку хода / / , прочерчивают направление, определяют и откладывают горизонтальное проложение **1—2**, измеряют углы наклона назад и вперед по ходу и высоту прибора на станции.

Правильность измерения углов наклона контролируют вычислением места нуля, два значения которого не должны расходиться более чем на удвоенную среднюю погрешность измерения угла. Попутно вычисляют прямые и обратные превышения; расхождения между ними не должны превышать 4 см на каждые 100 м расстояния.

6. Съёмка ситуации и рельефа

Мензульную съёмку ситуации и рельефа производят главным образом полярным методом с пунктов геодезической сети, если они удобно расположены для съёмки местности, и с переходных точек.

Планшет на станции центрируют с погрешностью, не превышающей величины, равной половине точности масштаба, при условии, если с этой станции не будет определяться положение переходной точки или если эта станция не является начальной точкой мензульного хода

Ориентировать планшет можно по пункту, расстояние до которого не меньше, чем допускаемое расстояние от мензулы до рейки.

При обходе объекта *съемки* (контура *ситуации*) реечник ставит рейку на всех поворотах контура. Контур считают прямой линией в том случае, если точки, лежащие на нем, отстоят от прямой линии на величину, не превышающую двойную точность масштаба.

Обход по контуру какого либо объекта при съемке ситуации поручают только одному реечнику и запрещают переходить на другой объект без разрешения топографа. При съемке замкнутого контура (объекта) реечник обязан закончить обход в той точке, откуда он его начал.

Контур снимаемого объекта на планшете проводят вслед за наколом ситуационной точки, в противном случае не будет гарантии, что углы поворота контура будут правильно соединены линиями на планшете. Прямые линии проводят по линейке.

На каждой последующей станции съемку начинают с поверки ситуационных точек и пикетов, полученных на планшете с предыдущих станций. Этим осуществляется контроль съемки ситуации, правильности определения положения станций на планшете и создается уверенность, что детали ситуации при съемке не будут пропущены.

Съемку рельефа производят одновременно со съемкой ситуации, причем высоты определяют только для таких точек ситуации, которые располагаются на характерных изгибах рельефа.

После съемки всей ситуации с данной станции определяют недостающие пикеты для проведения горизонталей, при этом рейку ставят также на всех перегибах местности (седловинах, вершинах, водотоках, водоразделах, перегибах скатов), и количество их зависит от характера рельефа. На ровной местности пикеты выбирают реже, чем на местности с часто меняющимися уклонами и направлениями скатов.

При съемке рельефа на бугристых песках и ямах допускается брать пикеты с таким расчетом, чтобы дать несколько обобщенную его зарисовку горизонталями.

В закрытых местах для съемки рельефа прокладывают густую сеть мензульных ходов с таким расчетом, чтобы точки с известными высотами располагались на водоразделах и водотоках.

Рельеф зарисовывают горизонталями обязательно в поле в процессе определения высот пикетов (в особенности при сложном рельефе) или после набора всех пикетов на данной станции. Интерполирование горизонталей между пикетами производится как аналитическим так и графическими способами.

СОСТАВЛЕНИЕ КАЛЕК КОНТУРОВ И ВЫСОТ. КОНТРОЛЬ СЪЕМКИ

В процессе съемки ежедневно или в крайнем случае не реже чем через день результаты съемки переносят на *кальку контуров и кальку высот*.

Кальку **контуров** составляют для того, чтобы избежать потери деталей съемки, искажений или неправильного наименования всех снятых объектов при вычерчивании планшета, а также не пропустить какой-либо объект. Путем копирования на просвет на кальку тушью наносят все элементы ситуации и рельефа, не выражающиеся горизонталями (промоины, обрывы и т. п.). На кальке надписывают названия населенных пунктов, урочищ, рек, озер, посевов культур и др., числовые характеристики лесов, дорог, курганов, ям и т. д..

Если калька подверглась деформации, то копирование производят по частям, в пределах отдельных квадратов координатной сетки.

Кальку **высот** составляют для того, чтобы зафиксировать и легко разыскать все пункты геодезической сети, переходные точки, а также пикеты, высоты которых записаны в журнале, высоты урезов воды, точек у родников и пр.

Мензультную съемку контролируют систематически в процессе работы и по окончании съемки на планшете. Контроль состоит в следующем:

1. Устанавливают достаточность густоты пунктов геометрической сети, мензультных ходов и переходных точек (по кальке высот).
2. Устанавливают правильность измерения углов наклона, вычислений превышений и высот пунктов геометрической сети, переходных точек и мензультных ходов.
3. Проверяют допустимость расхождений и невязок в превышениях, а затем правильность увязки превышений и высот.
4. Просматривают качество вычерчивания плана в карандаше и его читаемость.
5. Проверяют правильность ведения журнала топографической съемки и калек контуров и высот, в частности, наличие на всех объектах условных обозначений, высот урезов воды, необходимых надписей, согласованности номеров, названий и высот соответствующих точек в полевом журнале и на кальке высот.
6. Проверяют сходимость контуров ситуации и горизонталей по рамкам со смежными планшетами: для этого проверяющий должен иметь выкопировки по рамкам со смежных планшетов, на которых ситуацию и горизонтали наносят не менее чем на 2 см внутрь планшета, а пункты геодезической и геометрической сетей, мензультных ходов и переходных точек — не менее чем на 5 см внутрь планшета.

Список литературы

Основные:

1. Булгаков Н.П., Рывина Е.В. Прикладная геодезия. М., Недра, 1990.
2. Маслов А.В и др. Геодезия. М: “Недра”, 1980.
3. Киселев М.И., Михелев Д.Ш. Основы геодезии. М. «Высшая школа» 2001.
4. Федотов Г.А. Инженерная геодезия. М., «Высшая школа», 2004.

Дополнительные:

4. Маслов А.В и др. Геодезия. М: “Недра”, 1986.
5. Неумывакин Ю.К., Смирнов А.С. Практикум по геодезии. М: “Недра”, 1985.
6. Охунов З.Д. Вычислительная обработка результатов теодолитной съёмки и составление плана. Методические указания. Тошкент, НУУз, 2006.
7. Охунов З.Д. Обработка журнала нивелирования трассы линейного сооружения. И составление профиля. Методические указания. Тошкент, НУУз, 2006.
8. Охунов З.Д. Обработка журнала тахеометрической съёмки и составление плана местности. Методические указания. Тошкент, НУУз, 2006.

Электронные источники:

9. <http://www.gsi2000.ru> (новые геодезические приборы и работа с ними).
10. <http://www.geopribori.ru>