

**ИССЫК – КУЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМ. К.ТЫНЫСТАНОВА**

*Кафедра экологии и лесного хозяйства*

**Коновалов А.А**

**КУРС ЛЕКЦИЙ  
ГЕОДЕЗИЯ**

**для специальности 7030-100  
«Лесное дело и ландшафтное строительство»**

**Каракол, 2013**

УДК 528  
ББК 26.1  
К 64

Рекомендовано к изданию  
решением Учебно-методического  
совета ИГУ им. К. Тыныстанова  
(протокол № 29 от 29.11. 2013 г.)

Рецензент: д.б.н., профессор главный научный сотрудник  
лаборатории биогеохимии Мурсалиев А.Н.  
и.о доцент кафедры экологии и лесного хозяйства  
ИГУ им. К.Тыныстанова к.б.н. Кудайбергенова А.К.

Коновалов А.А.

К 16 Курс лекций по «Геодезии» для специальности 554 201 01  
Лесное хозяйство. / ИГУ им. К.Тыныстанова. –Каракол: 2013 г. – с 108.

ISBN 978-9967-454-17-0

Курс лекций «Геодезия» позволяет приобрести основные практические навыки по использованию топографических планов и специальных лесных картографических материалов в практической деятельности, представления о видах и способах съемки в лесном хозяйстве и ландшафтном строительстве, основные навыки по использованию наиболее распространенных геодезических инструментов, различать виды и способы проведения полевых съемочных работ, необходимых навыков при проведении полевых геодезических работ в лесном хозяйстве и ландшафтном строительстве для студентов очного обучения по специальности «Лесное дело и ландшафтное строительство» (бакалавриат) / ИГУ им. К.Тыныстанова. –г. Каракол,-2013. -106 с.

К 3303000000-13  
ISBN 978-9967-454-17-0

УДК 630  
ББК 43.47  
© Коновалов А.А., 2013.  
@ ИГУ им. К.Тыныстанова, 2013.

# ЛЕКЦИЯ 1

## ВВЕДЕНИЕ. ТОПОГРАФИЯ И ГЕОДЕЗИЯ.

### 1. Предмет топографии и геодезии

**Топография** – наука, изучающая земную поверхность (т.е. элементы ее физической поверхности и расположенные на ней объекты деятельности человека) в геометрическом отношении. Целью этого изучения является создание топографических карт – подробного изображения местности (т.е. участков земной поверхности) на плоскости.

**Геодезия** – наука изучающая фигуру и размеры Земли, разрабатывающая методы создания координатных систем для детального изучения земной поверхности и проведения на ней различных измерений (линейных, угловых и др.). Эти методы составляют основу топографических работ.

Основной метод изучения земной поверхности в топографии – **топографическая съемка**, которая включает комплекс измерительных, вычислительных и графических работ. Координатные системы, используемые для указания взаимного расположения элементов (точек) земной поверхности, позволяют определить их плановое (т.е. местонахождение на какой либо поверхности) и высотное (т.е. расположение над исходной поверхностью) положение.

Топографическая карта представляет собой уменьшенное обобщенное изображение местности, показывающее ее элементы с помощью системы условных знаков. Она создается по определенным математическим законам, сводящим к минимуму искажения, неизбежно возникающие при изображении земной поверхности на плоскости, и обеспечивающим максимальную ее точность по сравнению с картами других типов.

Отличительные особенности топографической карты обуславливают следующее стандартное определение: топографическая карта – это подробная карта местности, позволяющая определять как плановое, так и высотное положение точек.

### 2. Связь топографии и геодезии с другими науками.

Топография и геодезия тесно связаны с картографией – наукой об отображении и исследовании явлений природы и общества (их размещения, свойств, взаимосвязей и изменении во времени) посредством картографических изображений.

Тесные связи у топографии и геодезии с географией, геологией, почвоведением, и другими отраслями науки, данные которых способствуют более глубокому пониманию свойств физической поверхности Земли, правильному изображению их на картах.

Достижения авиационной и фотографической техники позволили развить в топографии такие ее направления, как аэрофототопография и наземная фототопография.

Освоение космоса привело к появлению спутниковой геодезии, изучающей фигуру и размер Земли с помощью искусственных спутников и других космических аппаратов.

Методы решения научных и практических задач геодезии и топографии основываются на законах математики и физики.

### **3. История развития топографии и геодезии.**

Скольконибудь значительные и соответственно достаточно точные работы по измерению земной поверхности стали проводиться с момента появления геодезических приборов.

Первые геодезические приборы с оптической трубой – нивелиры появились во второй половине 17 века. Теодолит с оптической трубой был изобретен английским механиком Рамсденом в конце 18 века.

Геодезия — одна из древнейших наук. Она возникла и развивалась, исходя из практических запросов человека.

Геодезические работы по разделу земной поверхности на геометрически правильные участки, с определением их площади, производились в Египте, Китае и других странах за много столетий до н.э.

За 6 веков до н.э. в долине реки Нила существовали оросительные системы, строительство которых невозможно без выполнения геодезических работ (нивелировка, трассировка).

С развитием землеустроительных и градостроительных работ, накопившийся опыт геодезических измерений перешел в Древнюю Грецию, где геодезические знания сформировались в науку, получившую название "Геодезия", что в переводе с греческого означает: "Землеразделение" (Землеизмерение).

В Древней Греции уже тогда, Земля принималась за шар и в третьем веке до н.э. (примерно 250г.) Эратосфен определил радиус Земли и ввёл линии широты и долготы на картах, на основании которых в 160 годах до н.э. Клавдий Птолемей составил список 8000 известных мест мира с указанием их географического местоположения.

Основой для этого послужил первый в мире глобус, созданный Кратетом Малльским (150 лет до н.э).

Считается, что геодезия превратилась в самостоятельную науку в начале XI века.

Первым, кто определил геодезию как науку, был Аль-Бируни, отделив ее от геометрии и тригонометрии. Он написал первый учебник по

геодезии (1025г.), и предложил тригонометрический метод определения долгот. Решил задачу проектирования сферы на плоскость и предложил три способа стереографической проекции - проектирования из центра проекции в какой-либо точке на оси сферы, внутри или вне ее, разработал цилиндрическую проекцию.

В ряде учебников по геодезии написано, что в 1615 году голландский геодезист Виллеброрд Снеллиус изобрел метод триангуляции. Но как видим, это не соответствует истине, так как это изобретение принадлежит Аль-Бируни. Заслуга Снеллиуса состоит лишь в том, что он использовал тригонометрический метод при градусных измерениях.

Особое развитие геодезической науки последовало в XV-XVIII веках н.э. Этот период можно по праву назвать «эрой измерений». Усилия геодезистов были направлены на точные измерения дуг меридианов и параллелей (определение формы Земли).

Развитию и совершенствованию методов геодезических работ способствовали научные достижения в области математики, физики и инструментальной техники.

Например изобретение Галилеем зрительной трубы (1609 г.) позволило резко повысить точность геодезических измерений.

В 1731 году англичанин Джон Хэдли изобрел октант (прообраз секстанта), с помощью которого высоту светила над горизонтом можно было определять в 15 раз точнее, чем градусником.

В 1590 году Иоганн Преториус изобрел мензулу — полевой чертежный столик, состоящий из планшета, штатива и скрепляющей их подставки.

Этот период можно считать началом современной топографии и бурного развития картографии.

"Топография"— научная дисциплина, изучающая методы изображения географических и геометрических элементов местности на основе съёмочных работ (наземных, с воздуха или из космоса) и создания на их основе топографических карт.

"Картография"— наука об исследовании, моделировании и отображении пространственного расположения объектов.

Топография появилась ещё до появления письменности в первобытном обществе. Путешественники, расспрашивавшие эскимосов северной Америки о расположении окрестных островов и берегов, получали от них сравнительно внятные описания, в виде карт, нарисованных на кусочках коры или на песке. Сохранились карты в форме наскальных рисунков в итальянской долине Камоника относящиеся к бронзовому веку.

Главными достижениями картографии доколумбовского периода считаются:

— Карта фра Мауро (1459г. придерживающая концепцию плоской Земли)

—Глобус - «Земное яблоко» созданный Мартином Бехаймом в 1494 г.

В конце XX века, с изобретением компьютера и запуском искусственных спутников Земли (GPS/ГЛОНАСС), геодезические работы перешли в новую стадию своего развития. Началась эпоха электронных чертежей и картографических материалов, изменилась методика геодезических измерений с повышением их точности.

В России первые указания на выполнение геодезических измерений в относятся к XI в., когда между Керчью и Таманью по льду была измерена ширина Керченского пролива. В допетровскую эпоху, по приказу Ивана Грозного, составлена карта всей территории России - «Большой Чертеж». (не сохранился).

Большое развитие геодезических работ в России начался в эпоху Петра 1 (В 1688г юный Пётр узнал об инструменте, с помощью которого можно было измерять расстояния до предметов, не приближаясь к ним и по его указанию теодолит был доставлен из Франции. Живший в Москве на Кукуе (в Немецкой слободе) голландец Франц Тиммерман, который только что определил долготу Москвы относительно Гринвичского меридиана, обучил 16-летнего Петра как пользоваться "загадочным" теодолитом, а также обучил его угловому измерению высот светил с помощью астролэбии (в то время основного инструмента моряков)

В 1701 году Петром I основана "Школа математических и навигацких наук" - первое учебное заведение в России для подготовки специалистов военно-морского флота, судостроителей, геодезистов, инженеров, учителей, итд.

В 1779 при Межевой канцелярии основано Константиновское землемерное училище. В 1796 существование высшего землемерного училища было закреплено в законодательном акте. 10 мая 1835 по указу императора Николая I училище было преобразовано в Константиновский межевой институт. С этого дня учебное заведение было полностью переведено на казённое содержание. Согласно постановлению СНК от 2 февраля 1930 года Межевой институт был разделён на 2 высших учебных заведения: геодезическое отделение стало Московским геодезическим институтом (ныне МИИГАиК), землеустроительное отделение — Московским институтом инженеров землеустройства (ныне ГУЗ).

В марте 1919 года В.И. Лениным подписан декрет об организации Высшего геодезического управления, призванного решать основные практические задачи в области геодезии. (ГУГК)

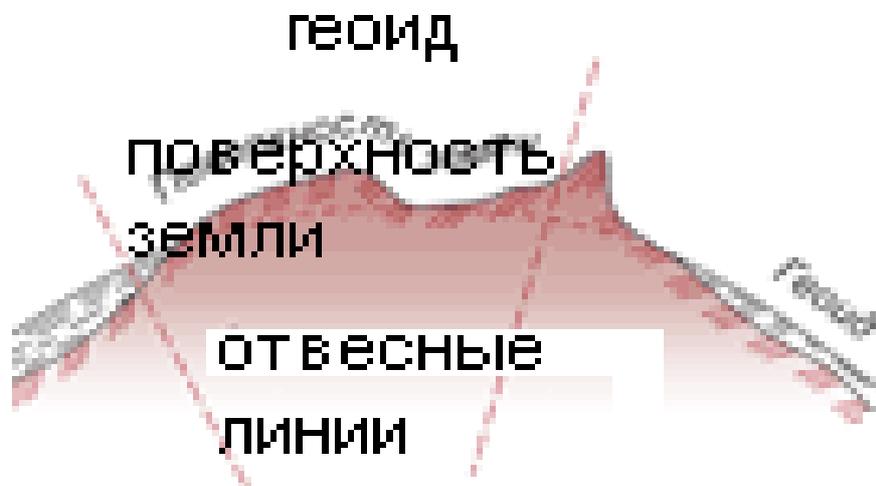
#### 4. Фигура и размеры Земли

Поверхность Земли, которую принято называть физической или топографической поверхностью, представляет собой сочетание океанов и материков со сложными геометрическими формами.

Поверхность океана в состоянии покоя и равновесия является уровенной поверхностью. Направления отвесных линий (линий совпадающих с направлением действия силы тяжести) перпендикулярны уровенной поверхности в любой ее точке.

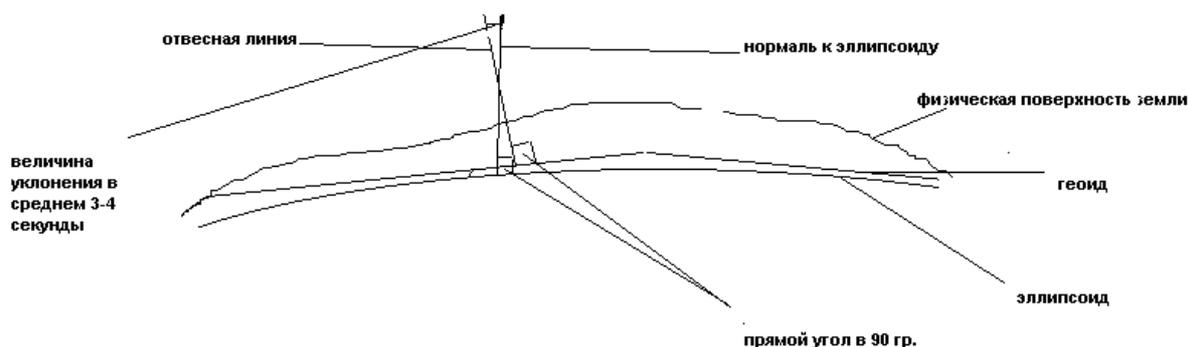
Фигура Земли, образованная уровенной поверхностью совпадающей с поверхностью мирового океана, в состоянии полного покоя и равновесия и продолженной под материками, называется **геоидом**.

Поверхность геоида не является правильной фигурой в геометрическом отношении, так как внутреннее строение Земли неоднородно и направление действия силы тяжести не совпадают с направлениями, которые они имели бы при однородном строении планеты. Вследствие этого уровенная поверхность, оставаясь в каждой точке перпендикулярной отвесным линиям, приобретает сложную и неправильную форму. Наиболее близкой, математически определенной геометрической фигурой к геоиду, характеризующей фигуру и размеры земли, является земной эллипсоид, малая ось которого совпадает с полярной осью Земли  $PP'$ . (рис 1)



*Рис 1 Земной эллипсоид и геоид*

Направление отвесной линии и нормали (направления, перпендикулярного поверхности эллипсоида) в точках земной поверхности не совпадают и образуют угол  $\epsilon$ , называемый отклонением отвесной линии. В среднем ее величина составляет  $3-4''$ , а в местах аномалий составляет десятки секунд. (рис. 2).



*Рис 2. Уклонение отвесных линий.*

## **5. Понятие о геодезических сетях**

В процессе изучения размеров Земли и на ее поверхности закрепляются точки (пункты), положение которых вычислено в общей системе координат. Совокупность таких пунктов составляет геодезическую сеть. Геодезическая сеть создается, прежде всего на территории отдельных государств, где она служит основой (опорой) для проведения топографических съемок. Поэтому такие сети называют опорными, а составляющие ее пункты - опорными, а составляющие ее пункты – опорными.

Различают плановые геодезические сети (если для составляющих ее пунктов определено плановое положение на земной или заменяющей ее поверхности), высотные геодезические сети (если определены значения высоты пунктов над исходной поверхностью) и планово высотные сети (пункты сети имеют как плановые так и высотные координаты). Плановые и высотные отметки точек закреплены в специальных каталогах т. н каталогах координат.

Современное развитие науки и техники способствует внедрению новых методов определения координат геодезических пунктов, позволяет связывать воедино геодезические сети разных материков. Тем самым устраняются различия в системах координат разных стран и отпадает необходимость перевычисления координат пунктов из одной системы в другую при работах планетарного масштаба.

Имеются несколько методов связи пунктов геодезических сетей при помощи ИСЗ, авиации (радиогеодезия).

## Геодезические знаки (2) пункты гос. геодезической сети

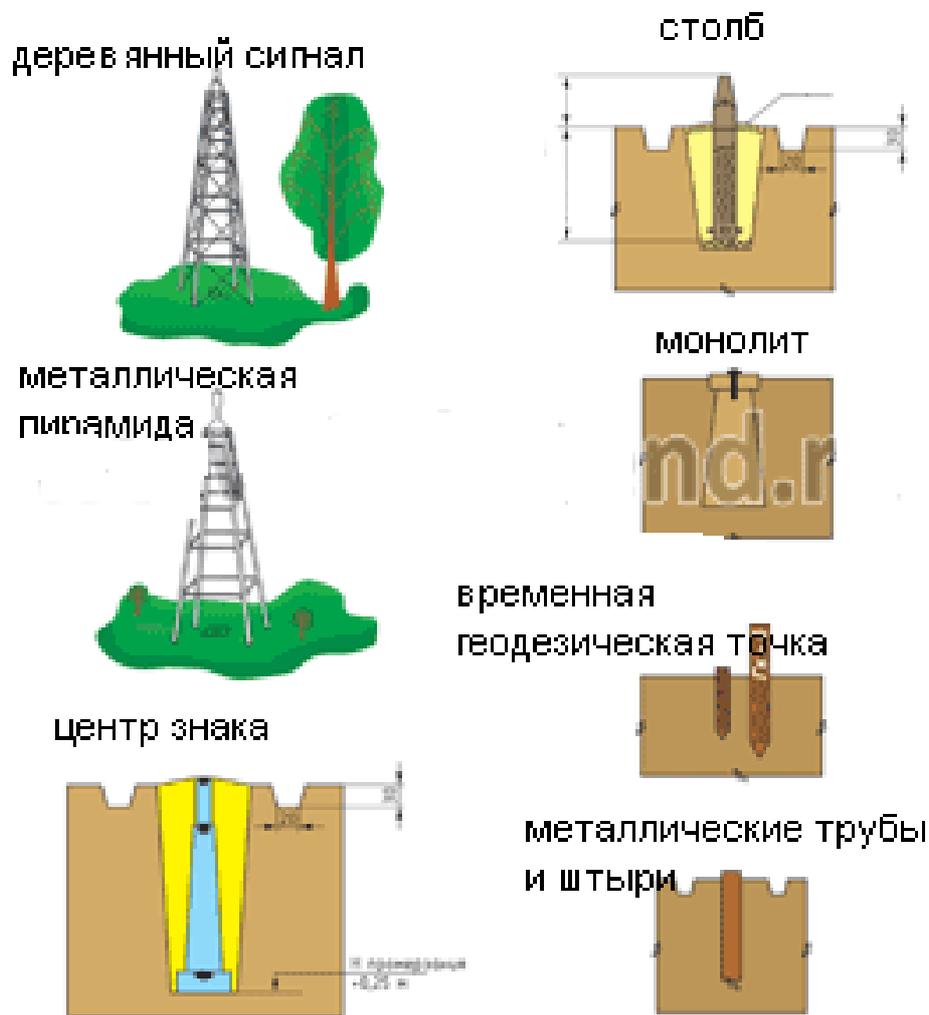


Рис.3. Пункты государственной геодезической сети

## ЛЕКЦИЯ 2

### ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ПЛАНЫ И КАРТЫ

#### 1. Методы проектирования и проекции земной поверхности на плоскость.

Чтобы получить топографическую карту, точки земной поверхности предварительно должны быть перенесены на поверхность более простую, чем земная. Ее называют поверхностью относимости. Такой поверхностью может быть поверхность референс – эллипсоида или плоскость.

Процесс перенесения точек с земной поверхности на поверхность относимости осуществляется различными методами проектирования. Методы проектирования определяют свойства получаемой проекции. В топографии и геодезии проектирование ведется отвесными линиями. Ввиду малого отклонения направление нормалей можно считать совпадающими с направлениями отвесных линий. Поправки вводятся лишь для аномальных районов. Полученные проекции называются горизонтальными, так как горизонтальной считается поверхность, перпендикулярная в каждой точке направлению отвесной линии. На рис 4 пятиугольник  $a,b,c,d$ , является горизонтальной проекцией на эллипсоиде  $N$ , (уравненной поверхности) пятиугольника  $ABCD$  на местности.

При проектировании небольших участков земной поверхности часть уравненной поверхности можно заменить плоскостью  $P$ . В этом случае отвесные линии практически параллельны между собой и горизонтальная проекция земной поверхности преобразуется в **ортогональную проекцию**, т.е проекцию полученную параллельными проектирующими линиями, перпендикулярными плоскости проектирования. Проекция линии местности  $S$  на горизонтальную плоскость называется **горизонтальным проложением  $s$** .

Таким образом, положение точек и линий местности  $AB, BC, \dots, FA$  в ортогональной проекции определяется длинами горизонтальных проложений  $ab, bc, \dots, fa$  и горизонтальными углами между ними  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_5$  (рис 5)

Горизонтальные проложения линий отличаются от их длин на местности. Эти различия можно вычислить по известным формулам тригонометрии. Например, если  $AB = S$ ,  $ab = AB^1 = s$ ,  $v$  – угол между  $AB$  и  $AB^1$ , то

$$s = S \cos v. \quad (1)$$

В отличие от горизонтальных углов  $\beta$ , угол  $v$ , характеризующий отклонение земной поверхности на конкретном участке от горизонтальной плоскости, называется **вертикальным углом (углом наклона)**, так как он располагается в вертикальной плоскости (плоскости проектирующих линий)

Чтобы перейти от изображения значительной по площади территории земной поверхности в горизонтальной проекции к ее плоскому изображению на карте, применяют **картографические проекции**. Вид и характер искажений, неизбежно возникающих при переходе от сферической поверхности к плоской, зависят от характера картографической проекции. Правильный выбор проекции при ограниченной площади изображаемого на карте участка земной поверхности позволяет свести искажения к минимуму.

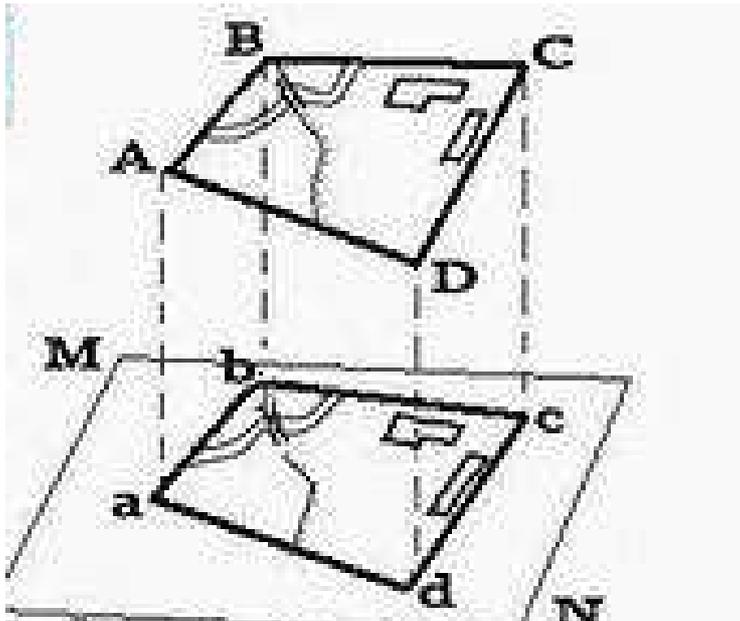


Рис 4 Ортогональная проекция

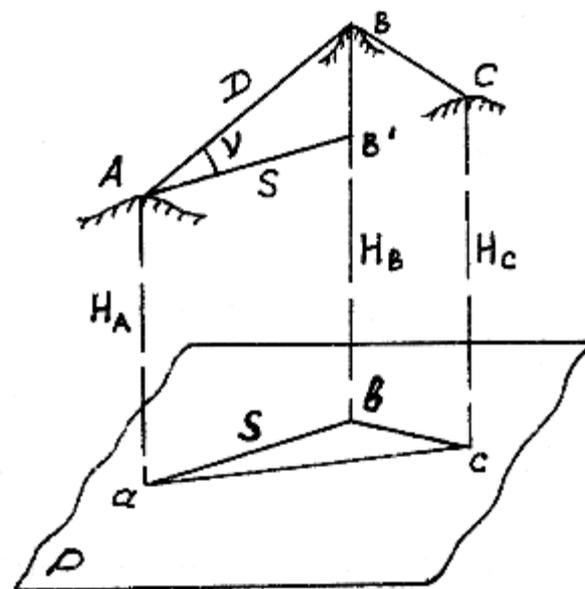


Рис 5 Проекция параллельными проектирующими линиями

## 2. Понятие о масштабе

Чтобы создать топографическую карту, проекция земной поверхности на поверхность относимости должна быть уменьшена до обозримых размеров. Отношение, показывающее, во сколько раз уменьшены линейные размеры земного эллипсоида или шара при его изображении на карте, называется **масштабом карты**. Его можно записать как

$$M = 1/S \quad (2)$$

где  $M$  – масштаб карты,  $l$  – длина отрезка прямой на карте,  $S$  – длина соответствующей ему линии (его горизонтального проложения) на эллипсоиде или шаре.

### 3. Размеры участков земной поверхности, принимаемые за плоские. Топографический план.

Задача определения участка земной поверхности, принимаемого за плоскость, сводится к установлению его размеров, при которых кривизна Земли может не учитываться в процессе создания на этот участок карты. Иными словами, необходимо определить, для какого участка местности применима ортогональная проекция точек земной поверхности на горизонтальную плоскость.

Влияние кривизны Земли на изменение таких линейных величин как  $\Delta S$  (изменение расстояния на местности с учетом искажений вызванных кривизной Земли) ( $s - S$ ). Характер этих изменений может характеризоваться следующей формулой:

$$\Delta S = S^3 \sqrt{3R^2} \quad (3)$$

Результаты вычислений, свидетельствуют о том, что  $\Delta S$  возрастает незначительно. При длине дуги 10 км  $\Delta S$  составляет лишь 1: 1 000 000 ее длины. Современные геодезические приборы дают возможность измерять расстояния с относительной погрешностью 1: 1 000 000, поэтому считают, что участок радиусом 10 км ( $\approx 400 \text{ км}^2$ ) можно принимать за плоский. При пониженных требованиях к точности линейных измерений его площадь может быть увеличена.

Для определения влияния кривизны Земли на величину  $\Delta h$  используем следующее математическое выражение:

$$\Delta h = S^2 \sqrt{2R} \quad (4)$$

Подставив в эту формулу различные значения  $S$ , получим значения  $\Delta h$ . Они свидетельствуют о том, что расхождения между высотами точек на сфере и на плоскости быстро нарастают, достигая недопустимых величин на относительно небольшом удалении от точки касания  $T$ . Так как на практике высоты точек местности часто определяют с точностью до 1 мм, приходится учитывать значение  $\Delta h$  даже при коротких расстояниях.

$S$ , км	$\Delta S$ , м	$\Delta h$ , м
1	0,00	0,08
5	0,00	1,96
10	0,01	7,85
20	0,07	31,39
50	1,02	196,20
100	8,21	784,81

При проекции Земной (сферической) поверхности на плоскость изменяются также значение углов, образуемых линейными отрезками, например сторонами какого – либо многоугольника. Избыток (эксцесс) угловых величин определяется формулой

$$\xi = \rho P \backslash R^2 \quad (5)$$

где  $P$  – площадь фигуры;  $\rho$  – величина радиана. Величины сферического эксцесса приведены ниже:

$P, \text{км} \dots\dots\dots$	<b>10</b>	<b>100</b>	<b>400</b>	<b>900</b>	<b>1600</b>	<b>2500</b>	<b>5000</b>	<b>10 000</b>
$\xi'' \dots\dots\dots$	<b>0,05</b>	<b>0,51</b>	<b>2,03</b>	<b>4,57</b>	<b>8,13</b>	<b>21,71</b>	<b>25,40</b>	<b>50,80</b>

Приведенные данные сферического эксцесса позволяют сделать вывод о том, что для квадрата со стороной 10 км влияние сферичности Земли выражается величиной всего лишь 0,5''. Таким образом, при проектировании, относительно малых участков земной поверхности на горизонтальную плоскость получают подобное изображение, в котором практически отсутствуют искажения в длинах отрезков и горизонтальных углах между направлениями этих отрезков.

Картографическое изображение на плоскости в ортогональной проекции в крупном масштабе ограниченного участка местности, в пределах которого кривизна урвонной поверхности пренебрежимо мала, называется **топографическим планом**.

### ЛЕКЦИЯ 3 ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ПЛАНЫ И КАРТЫ

#### 4. Система координат для определения положения точек земной поверхности

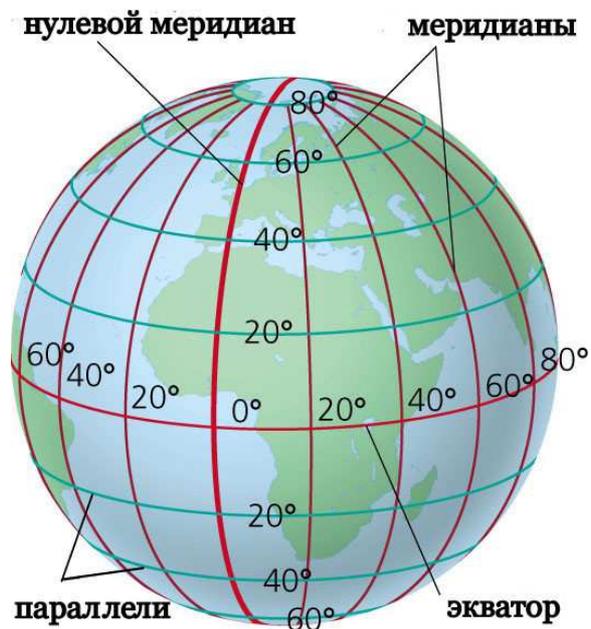
**Координаты** – это величины, определяющие положение любой точки на поверхности или в пространстве относительно принятой системы координат.

**Система координат** устанавливает начальные (исходные) точки, поверхности или линии отсчета необходимых величин – **начало отсчета координат**, единицы их исчисления. В топографии и геодезии наибольшее применение получили система географических, прямоугольных и полярных координат.

#### 4.1 Система географических координат (географические координаты)

Применяются для определения положения точек на Земной поверхности. Исходными плоскостями в этой системе являются плоскости **начального меридиана** и **экватора**, а координатами угловые величины: **долгота** и **широта** точки.

**Меридианом** называют линию сечения эллипсоида плоскостью проходящую через заданную точку и полярную ось вращения Земли. В качестве начального меридиана принят Гринвичский меридиан, проходящий через центр главного зала Гринвичской обсерватории в окрестностях Лондона. (рис 7)



*Рис 7 Гринвичский меридиан (нулевой меридиан начало отсчета долгот) экватор начало отсчета широт*

Параллелью называют линию сечения эллипсоида плоскостью, проходящей через заданную точку и перпендикулярную земной оси  $PP^1$ . **Параллель**, проходящая через центр эллипсоида, называется **экватором** (она же является исходной плоскостью отсчетов).

Географические координаты могут быть получены на основании астрономических наблюдений или геодезических измерений. В первом случае их называют **астрономическими** в другом **геодезическими**. При астрономических наблюдениях проектирование точек на поверхности относимости осуществляется **отвесными линиями**, при геодезических измерениях - **нормальными**, поэтому величины астрономических и геодезических географических координат несколько отличаются.

**Астрономическая широта  $\varphi$**  – это угол, образованный отвесной линией в данной точке и плоскостью, перпендикулярной к оси вращения Земли, а **астрономическая долгота  $\lambda$**  – двугранный угол между плоскостями астрономического меридиана данной точки и начального астрономического меридиана.

Начальной точкой отсчета этих координат служит точка пересечения начального меридиана и экватора, для которой  $\varphi = 0^0$ ,  $\lambda = 0^0$ .

## 4.2. Система плоских прямоугольных геодезических координат (прямоугольные координаты)

Это линейные величины – абсцисса и ордината, - определяющие положение точки на плоскости относительно исходных направлений. Исходными направлениями служат две взаимно перпендикулярные линии (рис 8) с началом отсчета в точке их пересечения  $O$ . Прямая  $XX$  является **осью абсцисс**, а прямая  $YY$ , перпендикулярная к оси абсцисс, - **осью ординат**. В такой системе положение любой точки на плоскости определяется кратчайшим расстоянием до нее от осей координат. Так, положение точки  $A$  определяется длиной перпендикуляров  $x_a$  и  $y_a$ . Отрезок  $x_a$  является абсциссой точки  $A$ , а  $y_a$  является ординатой точки  $A$ . Выражаются абсциссы и ординаты в линейной мере (обычно в метрах).

В геодезии и топографии принята правая система координат: это отличает ее от левой системы принятой в математике. Четверти системы координат (названия которых определяется принятыми обозначениями стран света ICB, II ЮВ, III ЮЗ, IVСЗ). Система плоских прямоугольных координат применяется на ограниченных участках земной поверхности, которые могут быть приняты за плоские.

Для небольших участков начало отсчета координат может быть в любой точке участка (система с **условным началом координат**). В государственной системе координат за ось ординат принимают линию экватора, за ось абсцисс – направление меридиана, который называется **осевым** (он совпадает с одной из осей системы прямоугольных координат).

Для определения положения точек физической поверхности (географические широту и долготу, прямоугольные  $x$  и  $y$ ). Необходима третья координата – высота точки  $H$ , т.е. расстояние по отвесному направлению от данной точки до уровенной поверхности, принятой за начало счета высот. В практике за начало отсчета или уровенной поверхность считают поверхность земного эллипсоида или **уровень моря**. (рис 10) В таком случае получают геодезическую высоту. Высоты отсчитываемые от основной уровенной поверхности, называют абсолютными высотами ( $aA$ ,  $bB$ ,  $cC$  на рис 11), а определяемые относительно условно выбранной уровенной поверхности условными высотами). Разность высот двух точек (или расстояние по отвесному направлению между уровенными поверхностями, проходящими через две любые точки Земли) называется относительной высотой или **превышением  $h$**  этих двух точек.

**Три величины**, две из которых характеризует положение точки на поверхности, а третья является высотой точки над поверхностью земного эллипсоида, называются **геодезическими координатами**.

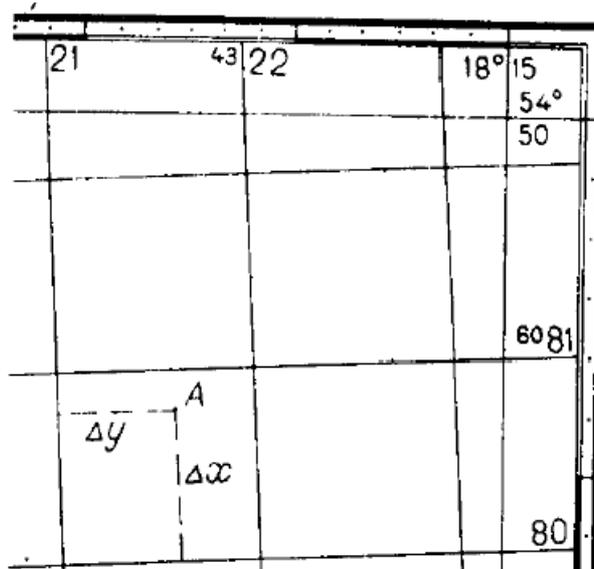


Рис 8 Начало отсчета прямоугольных координат (ось  $X$  горизонтальная линия километровой сетки вертикальная линия сетки ось  $Y$ )

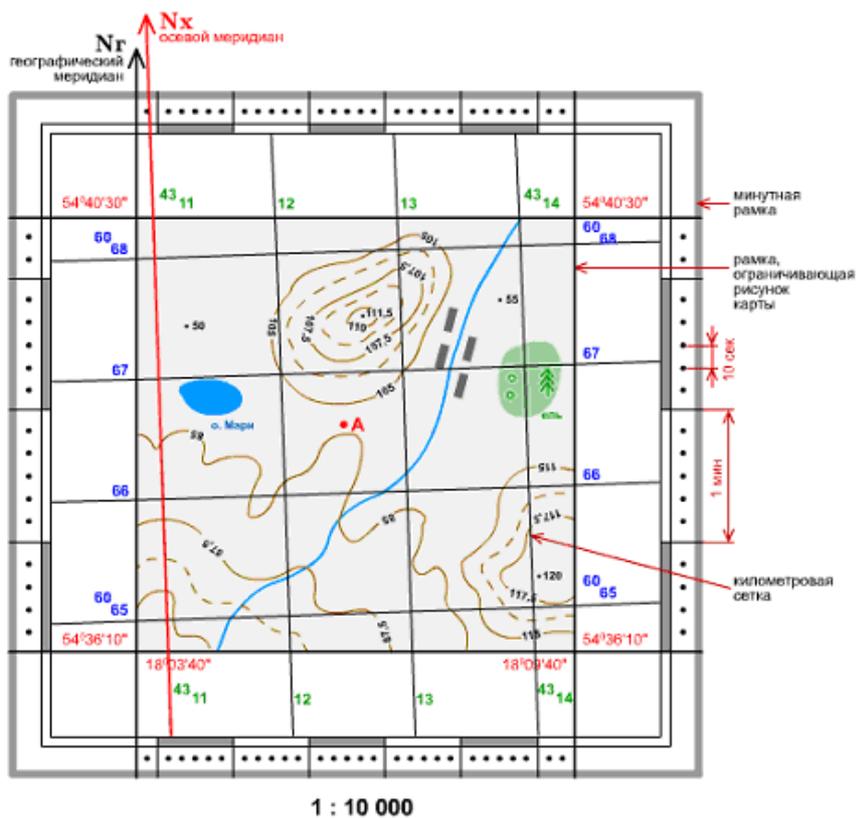


Рис 9 Начало отсчета прямоугольных координат (осевой меридиан начало отсчета по оси  $Y$ )

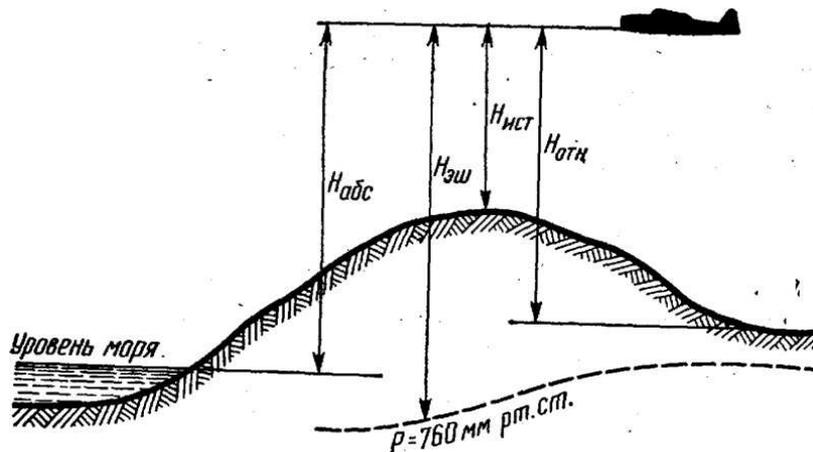


Рис 10 Начало отсчета высот (уровень Балтийского моря)

## 5. Полярная система координат, связь между полярной и плоской системами координат

В отличие от географической или прямоугольной системы координат, **полярная система координат** применяется чаще всего при производстве полевых съемочных работ и для решения некоторых прикладных задач в топографии или геодезии. В этой системе координат за начало отсчета принимается точка у которой известны координаты и осевая линия проходящая через эту точку, а положение остальных точек определяется за счет длины векторов направленных на эти точки и величине углов от принятого осевого направления (рис 33). Связь между полярной системой координат и прямоугольной устанавливается решением **прямой и обратной геодезической задачи**. Решение этих задач имеет большое практическое значение, как при проведении полевых измерительных наблюдений, так и в камеральных условиях при составлении картографического материала.

**Прямая геодезическая задача состоит в определении координат конечной точки линии по длине его горизонтального проложения, направлению и координатам начальной точки.** Так если принять точку А (рис 12) за полюс полярной системы координат, а прямую АС – за полярную ось, параллельную оси ОХ, то полярными координатами точки В будут **S** и **α**. Необходимо вычислить прямоугольные координаты этой точки в системе ХОУ. На рис 12 видно, что  $X_B$  отличается от  $X_A$  на величину  $(X_B - X_A) = \Delta X$ , а  $Y_B$  отличается от  $Y_A$  на величину  $(Y_B - Y_A) = \Delta Y$ . Разности координат конечной В и начальной А точек линии АВ  $\Delta X$  и  $\Delta Y$  называются **приращениями координат**. Координаты  $X_B$  и  $Y_B$  могут быть найдены по формулам:

$$\begin{aligned} X_B &= X_A + \Delta X_{AB} \\ Y_B &= Y_A + \Delta Y_{AB} \end{aligned} \quad (6)$$

Значение приращений определяются из прямоугольного треугольника АСВ по заданным  $S$  и  $\alpha$ , так как приращения  $\Delta X$  и  $\Delta Y$  являются катетами этого прямоугольного треугольника.

$$\Delta X_{AB} = S \cos\alpha, \quad (7) \quad \Delta Y_{AB} = S \sin\alpha \quad (8)$$

Приращения координат имеют свои знаки. Знак приращения координат зависит от знака косинуса и синуса угла направления или от названия четверти прямоугольной системы координат (таблица 1).

Таблица 1

Угол направления, град	Четверть	Знаки приращения координат	
		$\Delta X$	$\Delta Y$
0 – 90	I – СВ	+	+
90 – 180	II – ЮВ	-	+
180 – 270	III – ЮЗ	-	-
270 - 360	IV - СЗ	+	-

Подставив значения приращений  $\Delta X_{AB}$  и  $\Delta Y_{AB}$  в равенство (1), получим формулы для решения прямой геодезической задачи:

$$X_B = X_A + S \cos\alpha, \quad (9) \quad Y_B = Y_A + S \sin\alpha \quad (10)$$

**Обратная геодезическая задача** заключается в определении длины горизонтального проложения  $S$  и направления  $\alpha$ , линии АВ по данным координатам ее начальной точки А( $X_A$  и  $Y_A$ ) и конечной В ( $X_B$  и  $Y_B$ ). Угол направления вычисляется по катетам прямоугольного треугольника:

$$\operatorname{tg} \alpha = \Delta X_{AB} / \Delta Y_{AB} \quad (11)$$

Горизонтальное проложение можно определить по формуле:

$$S = \frac{\Delta X_{AB}}{\cos\alpha} = \frac{X_B - X_A}{\cos\alpha}; \quad (12)$$

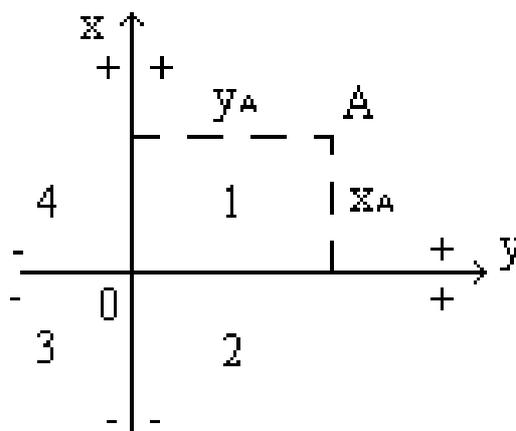


Рис 11. Прямоугольные координаты

## ЛЕКЦИЯ 4 ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ПЛАНЫ И КАРТЫ

### 6. Ориентирование линий

**Ориентировать линию местности** – значит определить ее направление относительно другого направления, принимаемого за исходное, т.е. определить угол между исходными и данным направлениями. В качестве исходных направлений приняты: **географический меридиан**, **осевой** (меридиан принятый за ось какой либо плоской системы плоских прямоугольных координат) и **магнитный меридианы** (совпадающий с направлением свободно подвешенной магнитной стрелки).

Направление линии может быть прямым (если рассматривать заданное направление от какой либо начальной точки к конечной) и обратным (от конечной точки к начальной). В связи с этим различают прямые и обратные углы ориентирования. Ориентирными углами являются: азимут, дирекционный угол, румб.

**Азимутом** называют двугранный угол между плоскостью меридиана данной точки и вертикальной плоскостью, проходящей в данном направлении, отсчитываемой от северного направления меридиана по ходу часовой стрелки. Азимуты могут иметь значения от  $0^{\circ}$  до  $360^{\circ}$ .

**Азимут** называется **географическим**  $A$ , если он отсчитывается от географического меридиана, и **магнитным**  $A_m$  если он отсчитывается от магнитного меридиана. Горизонтальные углы  $A_1, A_2, A_3, A_4$  являются азимутами линий  $M_1, M_2, M_3, M_4$ . (Рис 13)

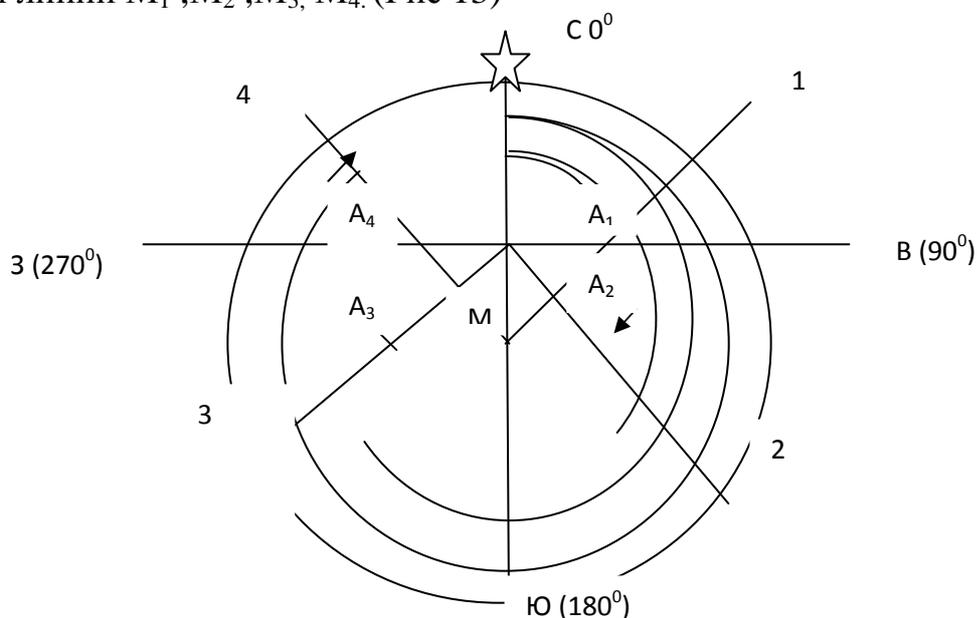


Рис 12 Направление отсчетов азимутов

Так как географические меридианы в общем случае не параллельны (параллельны только на экваторе, во всех других случаях не параллельны, причем угол между ними называется **сближением меридианов**). В таком случае азимут одной и той же линии в разных ее точках будет различен (это все относится к **географическому азимуту**). Так для линии  $M_1$ ,  $M_2$  азимут в точке  $M_1$  равен  $A_1$ , в точке  $M_2$  равен  $A_2$ .

Последний, отличается от  $A_1$  на величину **сближения меридианов**  $\gamma$ .

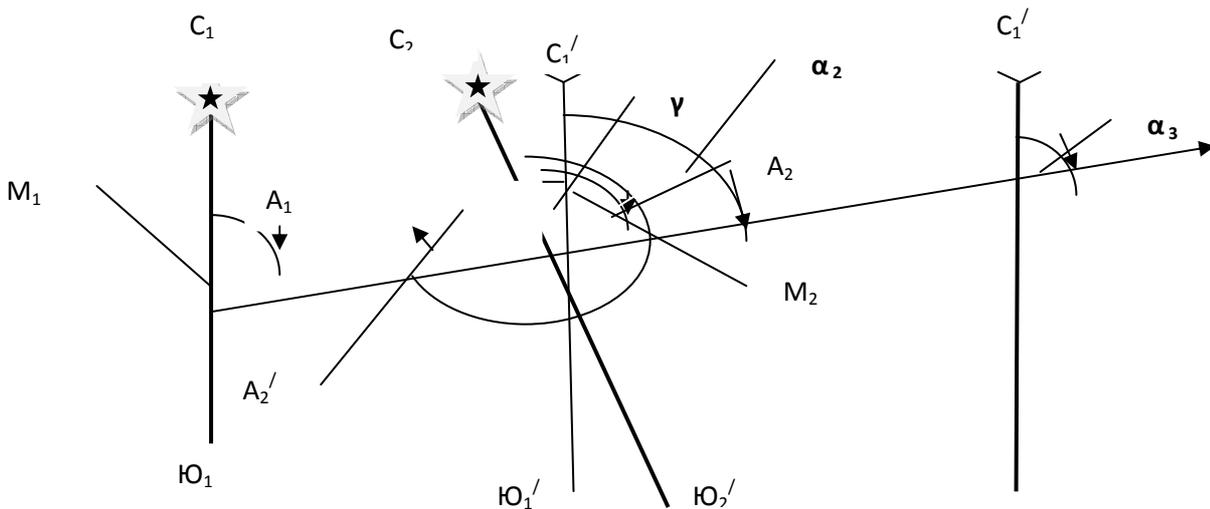


Рис 13 Сближение меридианов, географические азимуты и дирекционные углы.



Рис 14 Сближение меридианов азимуты, магнитное склонение, дирекционные углы на топографическом плане

Прямой и обратный азимуты одной и той же линии в разных ее точках ( $A_1$  и  $A_2'$  на рис 14) отличаются между собой на  $180^\circ + \gamma$ ; они в одной и той же точке ( $A_2$  и  $A_2'$ ) различаются на  $180^\circ$ , т.е.  $A_2' = A_1 + 180^\circ + \gamma$ ;  $A_2' = A_2 + 180^\circ$ .

Магнитный меридиан, какой либо точки земной поверхности в общем случае не совпадает с географическим меридианом этой точки. Угол образованный магнитным меридианом точки с ее географическим меридианом, называют **склонением магнитной стрелки** (рис 16). Склонение  $\delta$  может быть **восточным** (положительным) или **западным** (отрицательным).



Рис 15 Склонение магнитной стрелки

Склонение  $\delta$  изменяется с изменением места и времени (от  $+30^\circ$  до  $-14^\circ$ ). Различают суточные, годовые и вековые изменения склонения. В средних широтах суточные значения склонения не превышают  $15''$ , а вековые достигают значительных величин, например за 500 лет  $-22,5^\circ$ .

Склонения изменяются также под влиянием магнитных бурь, связанных с полярным сиянием, солнечными пятнами. Правильность показания магнитной стрелки нарушается в местах залегания магнитных руд или районах магнитных аномалий.

В топографии применяется также ориентирование линий относительно осевого меридиана. Угол отсчитываемый от северного направления осевого меридиана (или линии параллельной ему) до данного

направления по ходу часовой стрелки (см. рис 7) называется дирекционным углом  $\alpha$ . Дирекционный угол изменяется от  $0^{\circ}$  до  $360^{\circ}$ .

Из данных рисунка 7 видно, что в точке  $M_2$   $A_2 - \alpha = \gamma$ , т.е. разность между географическим азимутом и дирекционным углом какой – либо линии в данной точке равна сближению географического меридианов в этой точке с осевым меридианом. Зависимость между географическим азимутом и дирекционным углом имеет вид

$$A = \alpha + \gamma$$

Дирекционные углы, измеренные в любой точке данного направления, сохраняют ( в отличии от азимутов) свое значение.

Иногда ориентирование линий удобнее выразить острыми углами – **румбами**. **Румбом** называют острый горизонтальный угол, отсчитываемый от ближайшего направления меридиана (северного или южного) до данной линии. Румбы имеют значения от  $0$  до  $90^{\circ}$  и сопровождаются названием четверти, в которой проходит линия. На рис 17 линии  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$  и  $M_4$  соответственно имеют румбы СВ  $33^{\circ}$ , ЮВ  $47^{\circ}$ , ЮЗ  $52^{\circ}$ , СЗ  $38^{\circ}$

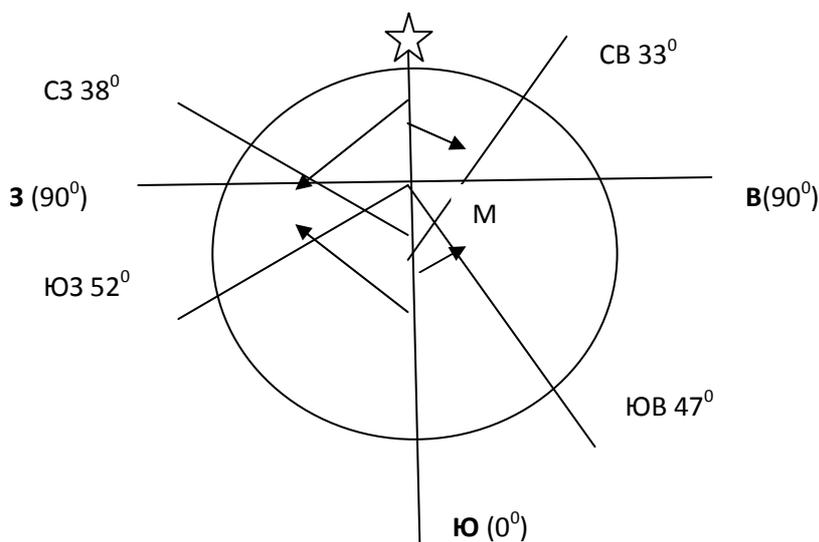


Рис 16 Румбы

## ЛЕКЦИЯ 5

### ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ПЛАНЫ И КАРТЫ

#### 1. Единицы мер принятые в топографии и геодезии

За единицу линейных измерений в геодезии и топографии принят **метр (м)**. Установлено, что метр (м) равен расстоянию, проходимому в вакууме плоской электромагнитной волной за  $1/299\ 792\ 458$  долей

секунды. Кратными к данным единицами метра являются 1000 метров, составляющих 1 километр (км), 0,1 метра – дециметр (дм), 0,01 м – сантиметр (см), 0,001 м – миллиметр (мм)

В качестве единицы измерения плоского угла рекомендуют **радиан** (рад), равный углу, заключенному между двумя радиусами окружности, длина дуги между которыми равна радиусу.

Наравне с радианами допускается применять градусные единицы угловых измерений: **градус** ( $1^{\circ}$ ), величину которого получают в результате деления прямого угла на 90 равных частей, минута ( $1'$ ) и секунда ( $1''$ ). Зависимость между радианами и градусами следующая:  $1 \text{ рад} = 57,3^{\circ}$ .

Единицей измерения площади является **квадратный метр** ( $\text{м}^2$ ); кратные и дольные единицы: квадратный километр ( $\text{км}^2$ ), квадратный дециметр ( $\text{дм}^2$ ), квадратный сантиметр ( $\text{см}^2$ ), квадратный миллиметр ( $\text{мм}^2$ ). Для измерения площади земельных участков допускается применять единицу измерения гектар (га).

Единица измерения времени - секунда (с), массы – килограмм (кг), силы – ньютон (Н), давления – паскаль (Па) ( $1 \text{ мм.рт.ст} = 133,322 \text{ Па} = 0,133 \text{ кПа}$ ), температуры - шкала кельвина (К) и Цельсия (t).

## 2. Измерения и их классификация.

Все физические величины, используемые в топографо - геодезической практике, можно разделить на измеренные и вычисленные, т.е. полученные как функции измеренных величин.

Для измерения необходимы объекты измерений (измеряемая величина), измерительный прибор и исполнитель. Кроме того все измерения проводят в той или иной среде и определенным методом. Названные факторы образуют условия измерений. Принято объект измерений в процессе работы считать неизменным.

Измерительные приборы используемые в топографии и геодезии можно разделить на три основных класса: 1) высокоточные; 2) точные и 3) технические. Класс применяемых приборов в основном определяет точность результатов измерений. Она зависит и от количества выполненных приемов в процессе измерений. По точности результаты измерений делят на равноточные и неравноточные.

**Равноточными** называют однородные результаты, полученные при измерениях одним и тем же прибором (или разными приборами, но одного и того же класса точности), одним и тем же (или равноценным) методом и в одинаковых условиях. При нарушении перечисленных условий результаты измерений называют **неравноточными**.

### 3. Погрешности измерений

Существование действительного. Или истинного, значения  $X$  измеряемой величины считается неотъемлемым условием любого измерения. Результаты измерений, как правило отличаются от истинного значения измеряемой величины. Разность между результатом измерения  $x$  и истинным значением  $X$  измеряемой величины называют истинной погрешностью  $\Delta$ , т.е

$$\Delta = x - X \quad (13)$$

По происхождению погрешности измерений делят на инструментальные, личные, внешние и методологические.

Инструментальные погрешности обусловлены влиянием конструкции измерительных мер и приборов, погрешностями градуировки их шкал, износом и т.д.

Личные погрешности (их часто называют субъективными) вызываются особенностями наблюдателя, несовершенством органов чувств, особенностями организма и др.

Внешние погрешности связаны с непостоянством свойств среды, в котором осуществляется процесс измерений (изменение температуры, влажности и т.д.)

Методические погрешности возникают из-за недоучета условий измерений и закономерностей их изменений, приближенности некоторых формул и др.

### 4. Математическая обработка результатов равноточных измерений одной величины

Пусть некоторая величина с истинным значением  $X$  измерена равноточно  $n$  раз и получены результаты  $x_i$  ( $i = 1, n$ ), которые часто называют рядом измерений. Требуется найти наиболее надежное значение измеренной величины, которое называют **вероятнейшим**, и оценить точность результата.

В теории погрешностей наиболее вероятным значением для ряда равноточных результатов измерений принимают **среднее арифметическое**.

При отсутствии систематических погрешностей арифметическое среднее по мере неограниченного возрастания числа измерений стремится к истинному значению измеряемой величины. Чтобы избежать действий с большими числами, на практике очень часто арифметическую среднюю величину вычисляют способом условного нуля по формуле

$$\bar{x} = x_0 + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta_i \quad (14)$$

где

Если арифметическая средняя вычислена правильно и ее значение взято без округлений, то

$$\sum_{i=1}^n \delta_i = 0 \quad (15)$$

Где величины  $\delta_i = x_i - \bar{x}$  (16)

Называются **уклонениями, вероятнейшими погрешностями или флюктуациями.**

В топографо геодезических измерениях в качестве критериев точности применяют в **основном квадратическую погрешность и относительную погрешность.**

Наиболее часто применяют среднюю квадратическую погрешность. Если известно истинное значение измеряемой величины, а систематическая погрешность пренебрежимо мала, то среднеквадратическая погрешность  $m$  отдельного результата равноточных измерений определяется по формуле Гаусса:

$$m = \sqrt{\frac{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2}{n}} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta_i^2} \quad (17)$$

Однако в топографо – геодезических работах истинное значение измеряемой величины в подавляющем большинстве случаев заранее неизвестно. Тогда для определения средней квадратической погрешности отдельного результата измерений используют формулу Бесселя:

$$m = \sqrt{\frac{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \dots + \delta_n^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{1}{n - 1} \sum_{i=1}^n \delta_i^2} \quad (18)$$

где вероятнейшие погрешности  $\delta_i$  вычисляют по формуле (16)

Для определения средней квадратической погрешности арифметической средней пользуются формулой

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}} \quad (19)$$

Следовательно, средняя квадратическая погрешность средней арифметической в  $\sqrt{n}$  раз меньше средней квадратической погрешности отдельного результата измерений.

Относительная погрешность для одного результата измерений

$$f_{\text{отн}} = \frac{m}{\bar{x}} = \frac{1}{x \cdot m} \quad (20)$$

Для средней арифметической

$$f_{\text{отн}} = \frac{M}{\bar{x}} = \frac{1}{x \cdot M} \quad (21)$$

Применительно к конкретным условиям измерений указывают критерий отбраковки их результатов. В качестве такого критерия часто принимают **предельную погрешность**, определяемую формулой. Иногда при более ответственных измерениях принимают

Пример. В результате шести измерений длины линии на местности получены значения, приведенные в таблице 2. Требуется найти среднее арифметическое этих результатов и оценить точность отдельного результата измерений и среднего арифметического.

Таблица 2

№ измерений	Измеренное значение линии $\bar{s}_i$ , м	$\delta = s_i - \bar{s}$ , см	$\delta^2$ , см <sup>2</sup>
1	56,26	+2	4
2	56,23	-1	1
3	56,24	0	0
4	56,26	+2	4
5	56,22	-2	4
6	56,23	-1	1
$\Sigma$	337,44	0	14

По формулам

$$m = \sqrt{\frac{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \dots + \delta_n^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \delta_i^2} \quad (22)$$

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}} \quad (23)$$

получаем:

среднее арифметическое  $\bar{x} = 337,44 / 6 = 56,24$  м.

Средняя квадратическая погрешность одного измерения  $m = \sqrt{14(6-1)} = 1,67$  см)

Средняя квадратическая погрешность среднего арифметического значения измеряемой величины  $M = 1,67 / \sqrt{6} = 0,69$  см

При линейных измерениях окончательная точность их результатов характеризуется относительной погрешностью. Поэтому по формулам

$$f_{\text{отн}} = \frac{m}{\bar{x}} = \frac{1}{x:m} \quad (24)$$

$$f_{\text{отн}} = \frac{M}{\bar{x}} = \frac{1}{x:M} \quad (25)$$

получаем:  $= 1,67/56,24 = 1/33,67 \approx 1/34,00$   
 $= 0,69/56,24 = 1/81,50 \approx 1/80,00$

Предельная погрешность одного измерения по формуле будет 0,029 см относительная погрешность одного измерения 0,012 см относительная погрешность среднего арифметического значения. В нашем примере наибольшее уклонение  $\delta_{\text{max}} = 2 \text{ см}$ . Следовательно, измерения выполнены правильно, т.е без грубых ошибок.

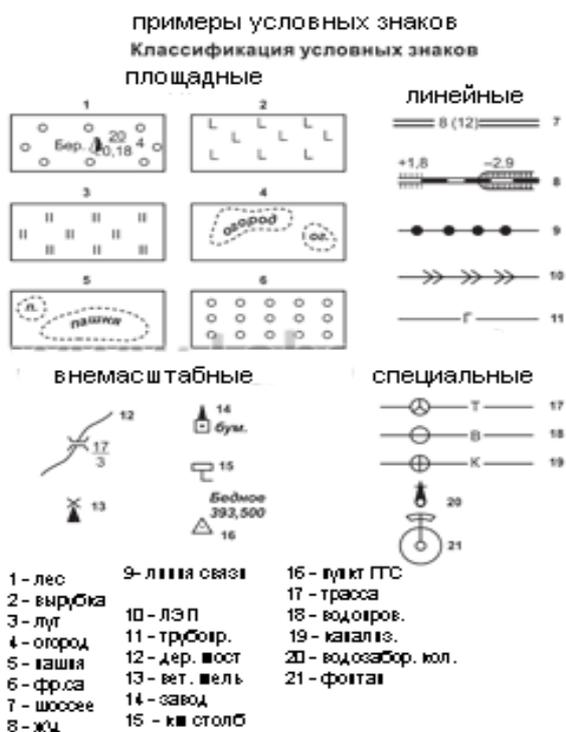
## ЛЕКЦИЯ 6 ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ПЛАНЫ И КАРТЫ

### 1. Картографические условные знаки

Картографические условные знаки (или кратко условные знаки) – это применяемые на картах обозначения различных объектов и их качественные или количественные характеристик. Знание условных знаков и их свойств – необходимое условие понимания изображенного на картах, основа умения «читать карту», получать с помощью ее нужные сведения, правильно проводить измерительные работы.

Условные знаки для карт представляют **систему графических, цветовых и буквенно – цифровых обозначений**, особенности которой определяются назначением и содержанием конкретной карты или группы карт.

**Графические знаки** – разнообразные графические построения в виде фигур (значков) и линий, отличающихся по форме, размерам, количеству составляющих элементов, ориентировке и др.



*Рис 17 Примеры условных знаков*

**Цвет** как условный знак применяется для отображения качественных различий объектов местности по видовым признакам (например, традиционно для объектов картографии используется синий цвет, для растительности – зеленый и т. д.), а также внутривидовым (например, естественные формы рельефа показываются коричневым цветом, а искусственные черным), именно типичным внутривидовым признаком является обозначение цветом на лесных картах разных древесных пород желтым - береза, оранжевым – сосна, фиолетовым – лиственница и т. д. Кроме того тоном цвета разной интенсивности на лесных картах показывают возраст леса молодняки светлым, по мере увеличения возраст интенсивность тона усиливается.

**Буквенные обозначения** используются, прежде всего, в виде географических названий объектов, показанных на карте. При этом смысловую нагрузку несет начертание букв (шрифт), их размер. Например, разным шрифтом выделяют тип населенного пункта (город, сельское поселение), его административное значение (столица, областной центр и др.), размер букв при этом соответствует количеству жителей в населенном пункте. С помощью буквенных обозначений дается также дополнительная характеристика объектов, переданных на карте графическими и цветовыми обозначениями. Так возле значка завода и фабрики указывается отрасль промышленного производства (кирп. - кирпичный завод, цем. – цементный и т.д.).

**Цифровые обозначения** используются для передачи разнообразных количественных характеристик. Так на специальных лесных картах цифрами показывают прежде всего номера кварталов и выделов.

Элементы местности, изображаемые на картах и планах, по пространственной протяженности можно разбить на 2 группы: к первой относят объекты, имеющие относительно ограниченные (конечные) размеры, например населенные пункты, промышленные объекты, реки, озера, лесные массивы, искусственные неровности земной поверхности (**это объекты, которые в топографии называются местными объектами или ситуацией**); вторую группу составляют различные формы поверхности земли, совокупность которых образует **рельеф местности**, имеющий неограниченную пространственную протяженность. Каждая из названных групп изображается на картах различными условными знаками.

Для местных предметов условные знаки представляют собой разнообразные геометрические построения в виде фигур, линий и их сочетаний, дополненные буквенно цифровыми обозначениями. Все их многообразие делят на группы:

1) **Площадные условные знаки**, которые применяются для заполнения контуров, очерчивающих площадь объектов, выражающихся в масштабе карты.

## площадные

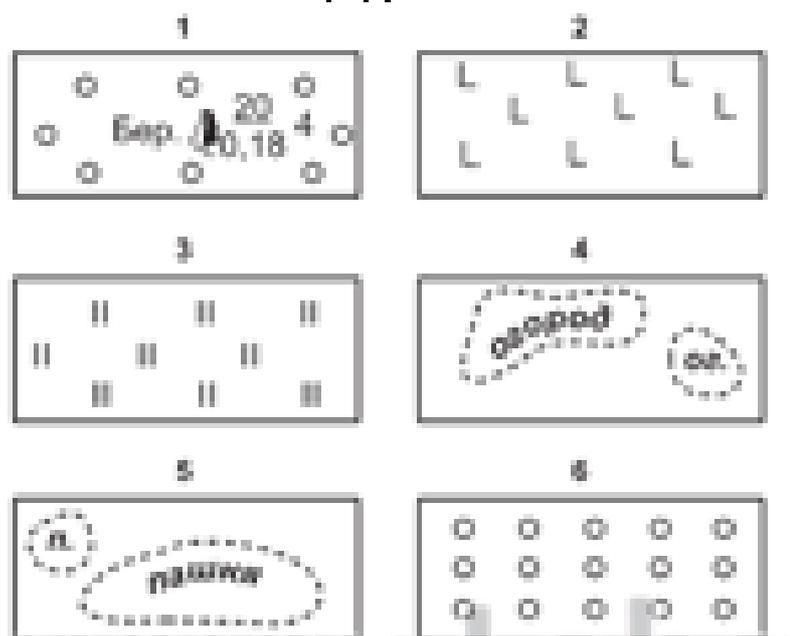


Рис 18 Условные знаки

2) **Внемасштабные условные знаки**, применяемые для показа объектов, площадь которых не выражается в масштабе карты; положению объекта на местности соответствует определенная точка знака;

## внемасштабные

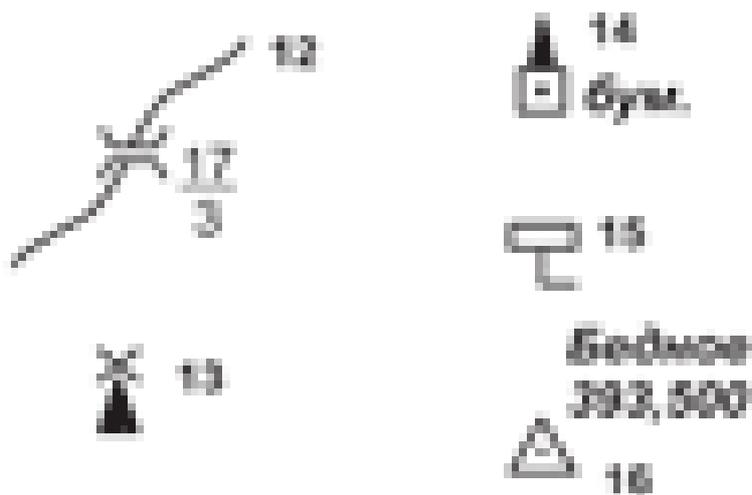


Рис 19 Внемасштабные условные знаки

3) **Линейные условные знаки**, с помощью которых изображаются линейно вытянутые объекты, при этом их длина выражается в масштабе карты, а ширина может быть преувеличенной; положение таких объектов на местности определяется направлением оси знака.

## ЛИНЕЙНЫЕ

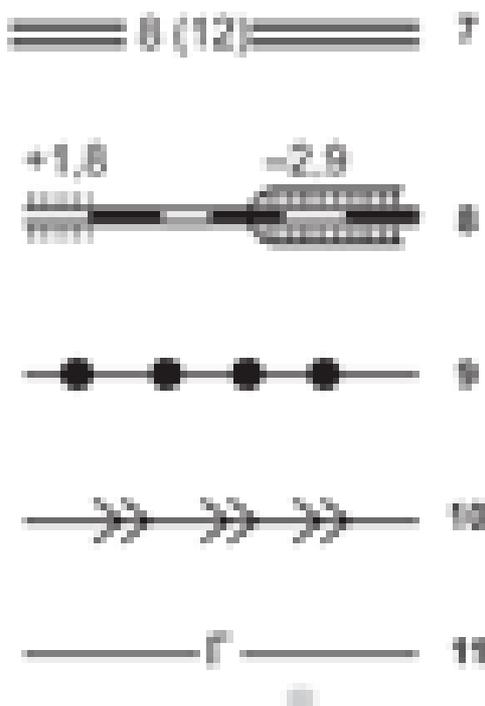


Рис 20 Линейные условные знаки

Общее свойство условных знаков – однородные группы объектов показываются однотипными условными знаками, а внутригрупповые различия передаются с помощью некоторых дополнений к основному условному знаку.

**Рельеф на картах** может быть изображен разными способами. Так, широко используется метод изолиний. Изолинии – кривые соединяющие на карте точки с одинаковыми количественными значениями. На местности такие линии как правило не существуют. На карте характер и особенности рельефа передаются не отдельной линией, а их совокупностью. **На топографических картах изолинии называют горизонталями (линии соединяющие точки с одинаковыми высотами).** Дополнительно применяются условные знаки для тех форм рельефа, которые не могут быть показаны горизонталями, а также цифровые характеристики отдельных элементов рельефа: отметки точек, глубина и ширина оврагов и т. д.

## основные формы рельефа и их изображение горизонталями

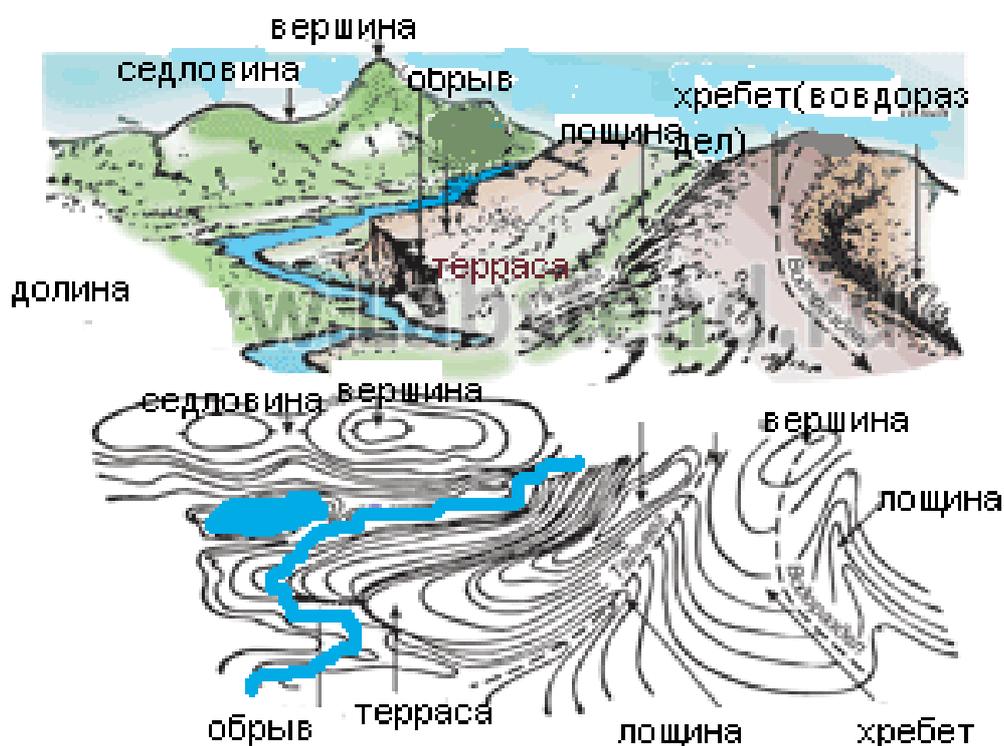


Рис 21 Рельеф на местности и на карте (плане)

## ЛЕКЦИЯ 7

### ТОПОГРАФИЧЕСКИ ПЛАНЫ И КАРТЫ

#### 1. Лесные картографические материалы

##### 1. Особенности оформления лесных топографических карт и планов

Каждый лист плана или карты или плана имеет законченное оформление. Основными элементами листа являются:

1. Картографическое изображение участка земной поверхности в принятой системе условных координат, составляющее содержание листа карты, координатная сетка;

2. Рамка листа, элементы которой определены математической основой;

3. Зарамочное оформление (вспомогательное оснащение), которое включает данные облегчающие пользование картой

Особенности разграфки и обозначения лесоустроительных планшетов и планов, составляемых на их основе. Эти картографические документы составляют не на сплошные массивы, а на разрозненные районы, поэтому

нет необходимости в создании единой системы разграфки и нумерации листов на обширные территории.

При лесоустройстве для каждого изолированного участка устанавливают свою систему нарезки границ планшетов, а также решают вопросы компоновки планов лесничеств и схем лесохозяйственных предприятий. Эти вопросы таковы:

размещение картографических материалов в избранном масштабе на определенном числе листов заданного формата;

ориентирование рамок;

размещение в рамках и на полях планов (схем) названий, экспликации (пояснительного текста), условных знаков, дополнительных схем и пр.

Рамки листов ориентируют по сторонам горизонта (верхнюю — на север).

Лесоустроительные планшеты изготавливают на листах чертежной бумаги размером 60X60 см.

Картографическое изображение располагают в квадрате со стороной 50 см. Рамки нарезают от магистральных ходов-просек, прорубаемых на ширину не менее 1 м при первичном лесоустройстве примерно через середину устраиваемого массива с юга на север и с запада на восток. Для нумерации планшетов обычно применяют произвольную номенклатуру, т.е. каждому из них присваивают порядковый номер; счет ведут от северо-западного угла лесничества. Номера возрастают слева направо и сверху вниз. Над северной рамкой планшета крупным шрифтом пишут его номер, а со всех четырех сторон ее более мелким шрифтом — номера соседних планшетов. На нижних полях планшетов или в отдельном приложении помещают схему лесничества с показом рамок и номеров планшетов.

Планы лесничества и лесонасаждений лесничества размещают на листах размером 76 \*56 см. Если лесничество состоит из разрозненных частей, расположенных на значительных расстояниях друг от друга, для компактности плана их изображают сближенными. Взаимное расположение частей в этом случае показывают на схеме произвольного масштаба, вычерченной на полях плана.

План лесонасаждений лесохозяйственного (мастерского) участка или обхода является копией части плана лесонасаждений лесничества. Его изготавливают на листе чертежной бумаги, который разрезают на части форматом 19X14 см. Их наклеивают с небольшими разрывами на ткань.

Карты-схемы лесохозяйственных предприятий и дополняющие их частные карты-схемы изготавливают на листах размером 76\*56 см.

Для удобства пользования карту-схему предприятия также разрезают на части форматом 28\*19 см.

Для географической привязки лесных планов над их северными рамками указывают административную принадлежность территории.

**Лесоустроительный планшет** – это первичный картографический документ, составляемый по результатам съемки и таксации леса. Он представляет собой план группы лесных кварталов. Вместе с другими документами таксации планшет используют для детальной инвентаризации лесного фонда. В лесничестве он служит точным графическим документом, на котором фиксируют все изменения в лесном фонде в результате лесосечных, лесовосстановительных и других работ. По материалам планшетов составляют планы лесничеств и планы лесонасаждений лесничеств, лесохозяйственных (мастерских) участков и обходов. Они дают наглядное представление о пространственном размещении лесного фонда, преобладающих породах, продуктивности и возрасте насаждений. В зависимости от разряда лесоустройства планшеты и составляемые на их основе планы имеют разную степень подробности в соответствии с установленными для них масштабами (табл. 1). Кроме указанных в табл. 1 планово-картографических материалов, для лесничеств составляют обзорные планы проектируемых мероприятий, размещения ягодников, лекарственного и технического сырья.

На территорию лесохозяйственного предприятия (лесхоза, леспромхоза, лесхозага и др.) по указанным выше материалам лесоустройства составляют  **карту-схему**  предприятия в масштабе 1 : 100000 (I—II разряды лесоустройства) или 1:100000, 1:200000, 1 : 300000 (III разряд). Её дополняют частными картами-схемами тех же масштабов (лесонасаждений предприятия, противопожарных мероприятий, лесосырьевых баз), а также обзорными планами проектируемых мероприятий и размещения ягодников, лекарственного и технического сырья.

### Таблица 3

Масштабный ряд лесоустроительных планшетов, планов лесничеств и лесонасаждений

Картографические материалы, данные лесоинвентаризации и другие источники информации используют для составления карт лесов областей, краев, республик и страны в целом. По содержанию их условно делят на биологические и экономические. На биологических картах лесов отображают их производительность (преобладающие породы и группы возрастов), типы леса, распространение (ареалы) древесных пород, фенологические явления, лесопатологические данные и др.

На экономических картах лесов (лесоэксплуатационных и лесотранспортных) показывают размещение и зоны действия предприятий по ведению лесного хозяйства, заготовке и обработке древесины; характеристики лесосырьевых ресурсов; порядок и сроки рубки древостоев; размещение и состояние путей лесотранспорта; направления лесохозяйственной деятельности (лесовосстановление, охрана лесов от пожаров и др.).

В зависимости от размеров картографируемой территории карты лесов областей и других более крупных регионов издаются в масштабах 1:100 000—1:2 500 000.

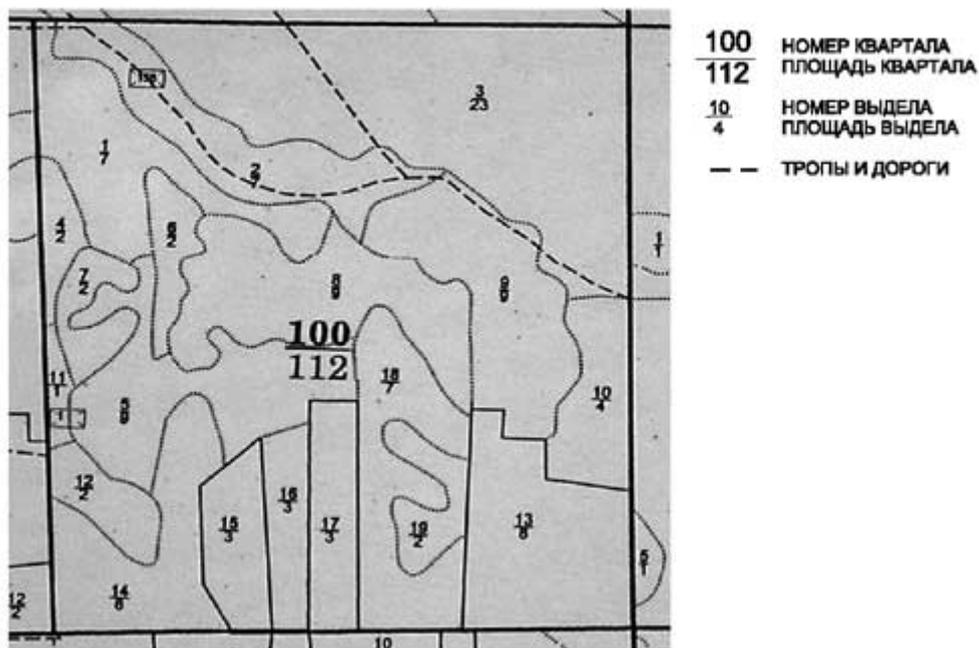


Рис 22 Лесоустроительный планшет

## 2. Разграфка и номенклатура карт

Топографические и лесные карты и планы издаются отдельными листами. Систему деления карты на листы называют разграфкой, а систему обозначения (нумерации) листов — номенклатурой.

Разграфка и номенклатура топографических карт и планов. Границами листов этой группы карт и планов служат изображения параллелей и меридианов. Они образуют рамки листов, ориентируют их относительно сторон горизонта. Северная сторона рамки расположена вверху листа.

Листы имеют форму равнобоких трапеций.

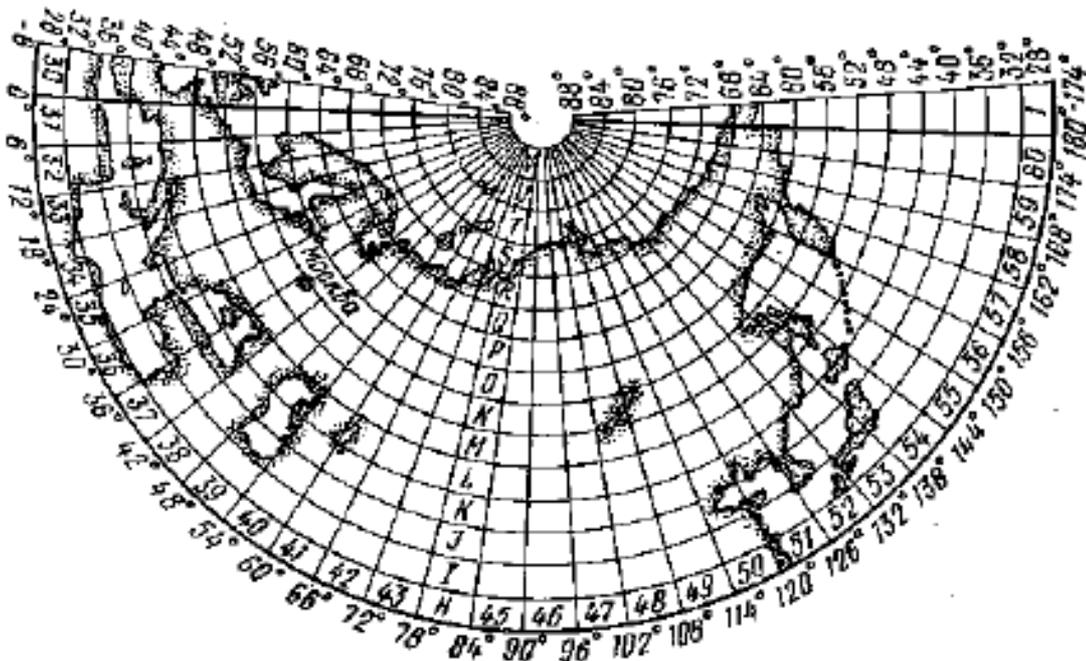


Рис 23 Схема разграфки карты масштабом 1: 1000000 на листы

В основу деления топографических карт на листы положена разграфка карты масштаба 1:1 000 000 (рис. 24). Ее трапеции ограничены параллелями через 4° и меридианами через 6°. Горизонтальные ряды (пояса) трапеций обозначены латинскими буквами А, В, С, ..., V, счет которых ведут в обе стороны от экватора (на рис. 7 пояса А—G не показаны). Вертикальные ряды (колонны) обозначают арабскими цифрами (от 1 до 60) и считают от меридиана 180° в восточном направлении.

Номенклатура листа карты 1:1 000 000 состоит из буквы, обозначающей номер пояса, и числа, соответствующего номеру колонны. Например, лист на район г. Москвы обозначается N—37. Размеры листов топографических карт более крупных масштабов установлены так, что каждому листу карты 1:1 000 000 соответствует целое их число. Поэтому номенклатура любого листа топографической карты масштаба 1:500 000 и крупнее слагается из номенклатуры соответствующего листа карты 1:1 000 000 с добавлением к пей чисел или букв, указывающих расположение на нем данного листа.

Разграфка трапеции 1:1 000 000 на листы масштабов 1:500 000, 1:200 000 и 1:100 000, а также система их обозначения показаны на рис. 8. Каждый лист карты масштаба 1:100 000, 1:50 000 и 1:25 000 делят на 4 листа карты следующего за ним более крупного масштаба, т. е. 1:50 000, 1:25000 и 1:10000 соответственно (рис. 9). Рамки планов масштаба 1:5 000 нарезают делением листа 1:100 000 на 256 частей. Листы этого масштаба обозначают номером листа карты масштаба 1:100 000, к

которому в скобках приписывают свой порядковый номер (см. рис. 9). Номенклатуру листа указывают над северной стороной его рамки, а рядом с ней — обычно название наиболее крупного населенного пункта (реки, хребта, урочища и пр.). Чтобы облегчить определение номенклатур листов, смежных с данным, их подписывают на всех четырех сторонах рамки.

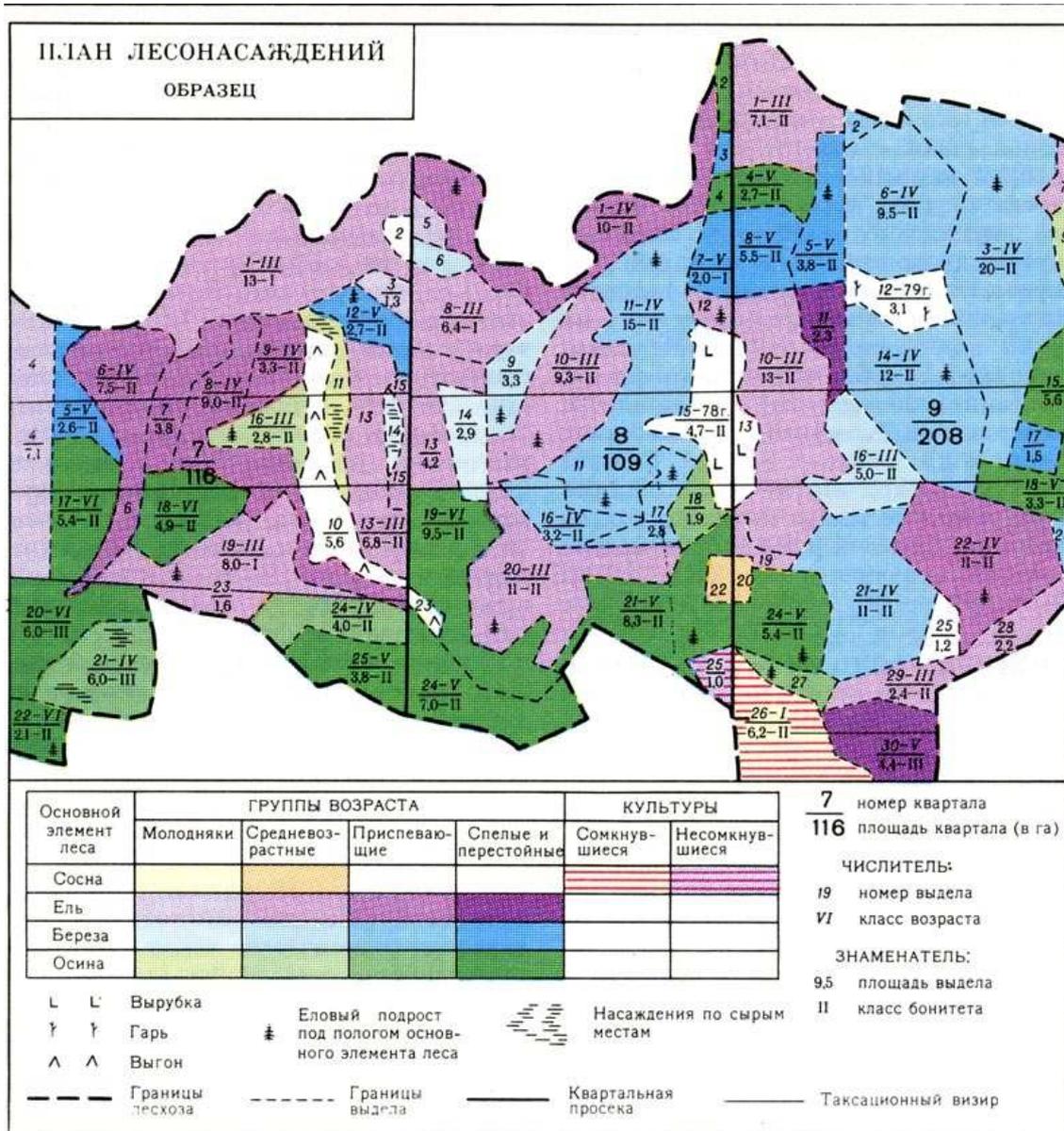


Рис 22 План насаждений

## ЛЕКЦИЯ 8

### Полевые геодезические работы Измерение длин линий на местности

#### 1. Понятие об измерении линий

Измерение длин линий на местности является неотъемлемой задачей любых съемочных работ. В отличие от горизонтального проложения, сущность которого мы рассматривали в предыдущих параграфах курса и которое неразрывно связано с планом или картой, длина линий на местности всегда будет больше горизонтального проложения. И больше на столько, на сколько больше угол наклона между точками, между которыми вычисляется расстояние на местности.

Измерение длины линии на местности называют процесс сравнения ее с некоторой эталонной величиной. Измерить длину линии на местности можно разными способами, выбор которых зависит от применяемых приборов, требуемой точности измерений, условий местности. Измерение линий с помощью **землемерной ленты, рулетки, длиномера, инвальной проволоки** осуществляется путем непосредственного укладывания прибора вдоль линии, длина которой определяется. Специальные приборы – **дальномеры** – позволяют решить задачу измерения, не изменяя точки стояния (местоположения) прибора. Дальномеры делят на **оптические и физические (в том числе и лазерные)**.

#### 2. Приборы для линейных измерений

**Землемерная лента** – тонкая стальная полоса длиной обычно 20 м, шириной 10 -15 мм и толщиной 0,4 – 0,5 мм. Концевые отметки длины ленты обозначены штрихами 7 и 8, нанесенными у прорезей 2 и 5 на концевых пластинках 3 и 4, и подписями на одной стороне – 0, на другой – 20 м. Каждый метр обозначен с обеих сторон ленты приклепанными к ней плашками, оцифровка которых идет с одной стороны в прямом, с другой – в обратном (19, 18, 17, ..., 1) порядке. Полуметры обозначены заклепками, дециметры круглыми отверстиями. Сантиметры при измерении линии отсчитывают на глаз или с помощью металлической линейки, приставляемой к дециметровому отрезку. К ленте прилагается комплект из 6 или 11 шпилек, надетых на кольцо. Шпильки изготавливают из стальной проволоки диаметром 5 мм и длиной 30 см. При измерении шпильки вставляют в прорези на концевых пластинках ленты и вдавливают в землю для фиксации конечных штрихов ленты. Для натяжения ленты используют прикрепленные к ее концам ручки 1 и 6. В нерабочем положении ленту наматывают на кольцо со скобками.

Для измерения расстояний до 100 м применяют также **стальные рулетки**, выпускаемые длиной от 5 до 50 м.

Длиномер относят к подвесным мерным приборам. В длиномере стальная проволока натягивается между двумя фиксированными на местности точками. По проволоке в процессе измерения прокатывают устройство, основными элементами которого являются мерный диск и счетный механизм, позволяющий устанавливать количество оборотов диска на прокатываемом отрезке проволоки. Длиномер АД – 1М позволяет одним приемом измерить расстояние от 5 до 500 м.

Инварная проволока (изготовленная из сплава железа с никелем инвара, обладающего исключительно малым температурным коэффициентом линейного расширения), как и длиномер, представляет подвесной мерный прибор. В процессе измерения ее основная 24 м проволока последовательно натягивается между соседними штативами, равномерно расставленными вдоль линии.

Оптическим дальномером называют прибор, в котором для определения расстояний используют оптические элементы. Наиболее распространенным является нитяной дальномер. Сетка нитей представляет собой систему штрихов, расположенных в плоскости изображения, даваемого объективом зрительной трубы. Дальномерные штрихи хх и уу нанесены симметрично относительно перекрестья основных штрихов и служат для определения расстояния по рейке, являющейся линейной мерой. Дальномерная рейка – а применяют в основном для удобства нивелирные рейки, служит для установки ее в точке до которой необходимо измерить расстояние и служит для снятия дальномерных отсчетов.



*Рис 23 Инструменты для непосредственного измерения расстояний на местности*

### 3. Измерение длин линий нитяным дальномером

Оптический прибор с дальномерными нитями устанавливают на штативе над точкой А. На точке В ставят дальномерную рейку, на которой предварительно отмечают, приставив ее к прибору, высоту прибора  $i$ . Средней нитью  $oo$  дальномера визируют на отметку  $i$  на рейке и берут отсчеты  $a$  и  $b$  по нитям  $xx$  и  $yy$ . Вычисляют разность  $b - a = l$ . В нашем примере  $a = 108,5$ ,  $b = 121,5$ ;  $l = 121,5 - 108,5 = 13,0$  и  $s^{\wedge} = 13$  м.

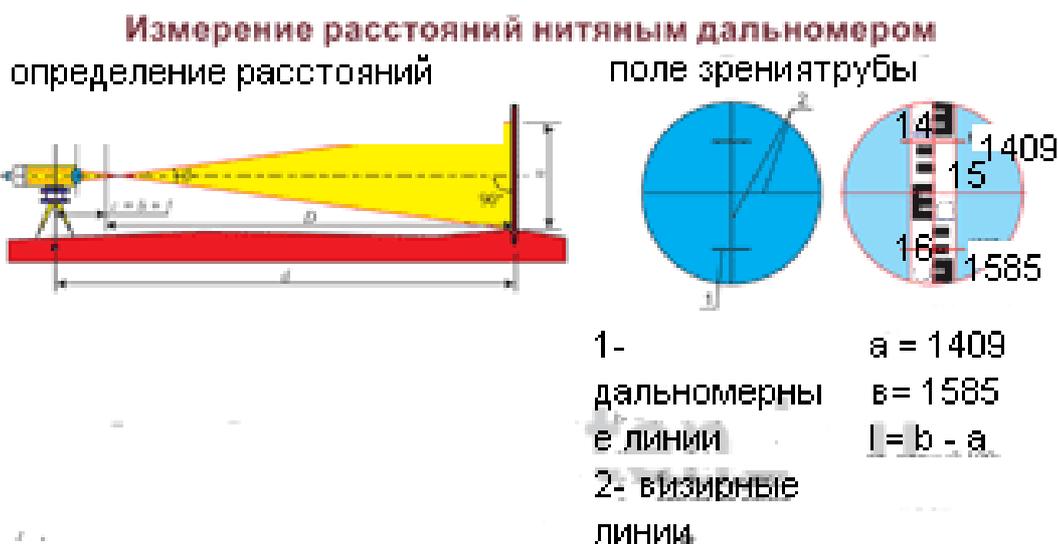


рис 24. Измерение расстояний нитяным дальномером

## ЛЕКЦИЯ 9

### Полевые геодезические работы.

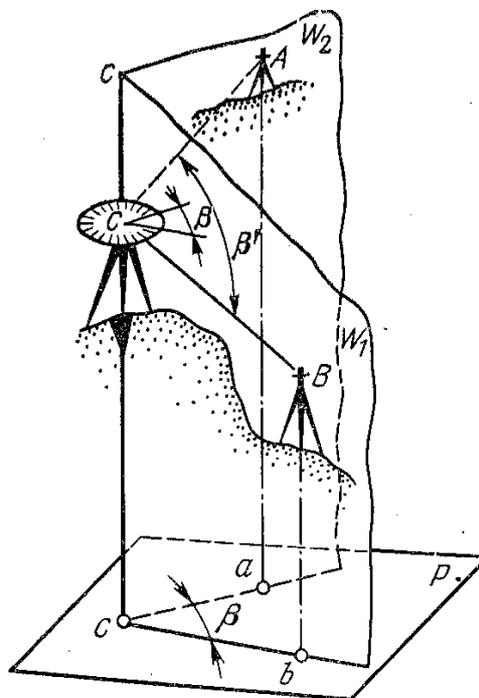
#### Измерение горизонтальных углов на местности.

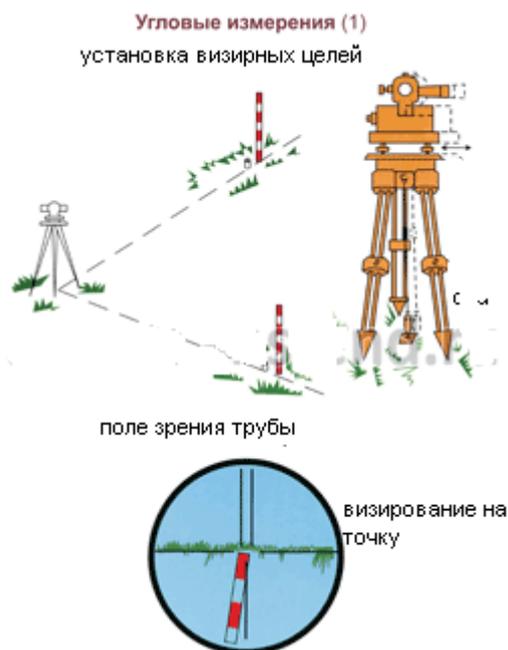
##### 1. Принцип измерения горизонтальных углов

Двугранный угол, ребро которого образовано отвесной линией, проходящей через заданную точку, называется горизонтальным. Наиболее совершенным прибором для измерения горизонтальных углов на местности является теодолит. Его основными частями являются **горизонтальный угломерный круг** (см рис 29) и соосная с ним **алидада** с отсчетным устройством, **зрительной трубой** и **уровнем**. Угломерный круг изготавливают из стекла. Диаметр от 5 до 22 см. Угломерный круг имеет равномерную угловую шкалу называемую **лимбом**, выполненную одинарными или двойными радиальными штрихами. Градуировка лимба теодолита произведена в градусах. На угломерных кругах точных и технических теодолитов штрихи наносят через  $10^{\wedge}$ ,  $20^{\wedge}$  и  $1^{\circ}$  с подписью градусных делений по часовой стрелке. Дуга лимба, заключенная между двумя соседними штрихами, выраженная в угловой мере, называется

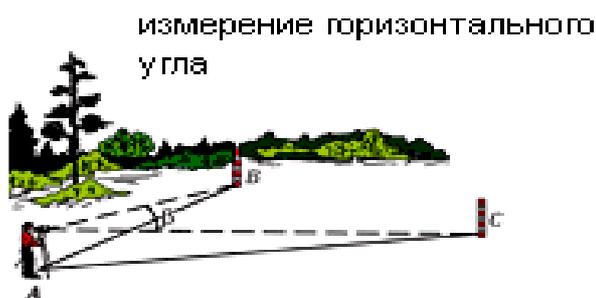
ценой деления. Круг закрыт кожухом для предохранения попадания на него влаги, пыли др. Алидадой называют линейку или круг с отсчетным устройством на концах, вращающейся вокруг вертикальной оси вращения теодолита. Отсчетное устройство состоит из приспособления для оценки доли деления лимба и оптического приспособления для рассматривания штрихов лимба. Под отсчетом в угломерных приборах понимают величину дуги между нулевым штрихом шкалы лимба и отсчетным индексом. Обычно отсчетный индекс оказывается между двумя соседними штрихами лимба, которые принято называть младшим и старшим. Тогда полный отсчет  $\alpha$  по лимбу складывается из суммы  $n$  целых делений лимба  $\tau$  от начала шкалы до младшего штриха и интервала  $\Delta\tau$ , расположенного между младшим штрихом и отсчетным индексом  $\alpha = n\tau + \Delta\tau$ . Оценка интервала  $\Delta\tau$  осуществляется в теодолитах при помощи различных отсчетных устройств.

Отсчетные устройства, применяемые в точных и технических теодолитах, бывают двух типов. **Штриховой** микроскоп представляет собой отсчетное устройство, в поле зрения которого видны отсчетный штрих и деления лимбов вертикального и горизонтального измерительного кругов, причем десятые доли берутся на глаз с точностью до  $1'$ . **Шкаловый** микроскоп имеет отсчетную шкалу, нарезанную на стеклянной пластинке. Изображение делений лимбов вертикального и горизонтального кругов совмещаются с плоскостью шкалы. Конструктивно при совмещенном изображении длина шкалы равна величине изображения одного деления лимба.





*Рис 23 Измерение горизонтальных углов с помощью теодолитов*



*Рис 24 Техника измерения горизонтального угла*

Алидада сопряжена с колонками. Зрительная труба и вертикальный круг насажены на ось наглухо, а алидада вертикального круга с отсчетным приспособлением и уровнем насажены свободно. **Вертикальный круг**, имеющийся у большинства современных теодолитов, предназначен для измерения вертикальных углов. Зрительная труба служит для рассматривания предметов, расположенных на расстоянии больше двойного фокусного расстояния. Зрительная труба состоит из окуляра и объектива, расположенных так, что задний фокус объектива практически совпадает с передним фокусом окуляра и сеткой нитей. В современных приборах используется внутренняя фокусировка, благодаря которой труба герметична и в процессе фокусирования не меняет своей длины. Установку зрительной трубы для наблюдений выполняют по «глазу» (добиваются отчетливого положения сетки нитей вращением окулярного кольца и «по предмету» - фокусирующей линзой).

Воображаемая прямая, соединяющая перекрестие сети нитей с визирной целью, называется **визирной осью** или **линией визирования**. С алидадами горизонтального и вертикального круга сопряжены уровни 7 и 4. Уровни служат для установки теодолита (или отдельных его частей) в определенное положение относительно горизонтальной плоскости при помощи подъемных винтов подставки теодолита. Уровни бывают цилиндрические и круглые. Ампула цилиндрического уровня представляет собой стеклянную трубку с веретенообразной внутренней поверхностью. Ампула наполняется серным эфиром или этиловым спиртом. После заполнения жидкостью в горячем состоянии концы ампулы запаиваются. Пузырек уровня образуется из паров наполнителя, нормальная длина его равна  $0,3 - 0,4$  длины ампулы при температуре  $+ 20^{\circ}$ . На внешней стороне ампулы наносят деления через 2 мм. Центральный угол, соответствующей дуге в одно деление, называется ценой деления уровня. У цилиндрических уровней цена деления от  $1''$  до  $2''$ .

## **2. Классификация теодолитов**

Классификация теодолитов может быть проведена по точности измерения и конструктивным особенностям.

По точности теодолиты разделены на три группы: высокоточные, точные и технические. Широкое применение в топографических работах находят технические теодолиты, позволяющие измерять углы со средней квадратической погрешностью от  $10''$  до  $30''$ . К этой группе относятся технические теодолиты Т5, Т30 и их модификации. Техническими теодолитами (кроме измерения углов) можно измерять расстояния (нитяным дальномером).

По конструкции отсчетных устройств теодолиты делятся на оптические, имеющие оптические приспособления для получения отсчета, и верньерные. Все современные отечественные теодолиты – оптические.

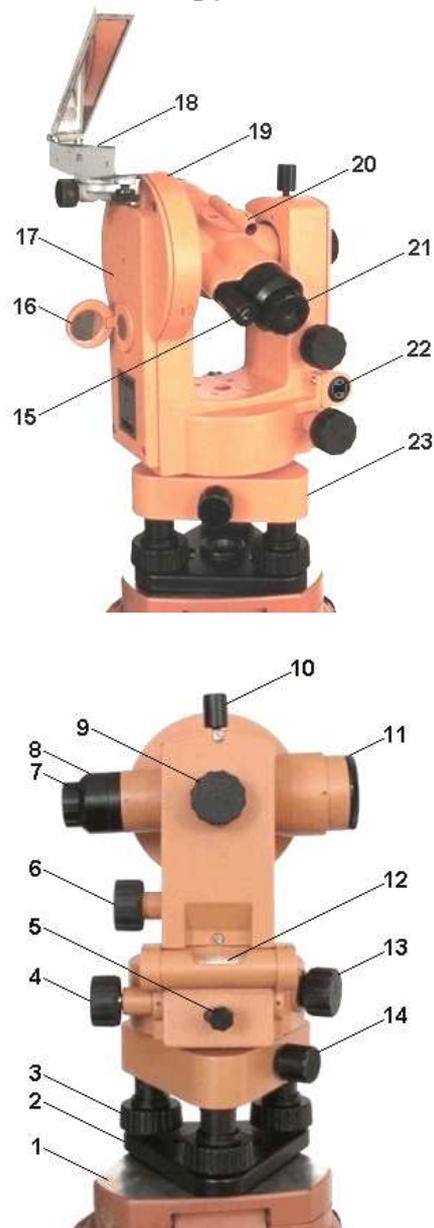
Выделяют также группу специализированных теодолитов, к которым относят лазерные, кодовые, гиротеодолиты, радиотеодолиты, кинотеодолиты и приборы спутниковой геодезии.

## **3. Оптические теодолиты. Устройство и поверки.**

Технические теодолит относятся к наиболее распространенным.

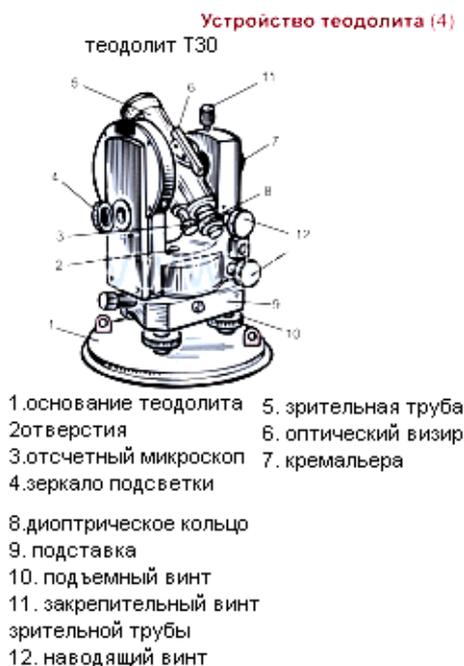
Т30 малогабаритный оптический теодолит, предназначен для измерения вертикальных и горизонтальных углов со средней квадратической погрешностью  $30''$ , тахеометрической съемки, а также для решения задач прикладной геодезии. Подставка теодолита прикреплена к основанию, служащему дном футляра, в котором хранится теодолит. На алидаде горизонтального круга расположен цилиндрический уровень.

Теодолит приводят в отвесное положение при помощи трех подъемных винтов. Вертикальная ось полая, что позволяет центрировать теодолит над точкой местности с помощью зрительной трубы, повернув ее объективом вниз. При этом на окуляры трубы и объектива одевают специальные насадки. Зрительная труба имеет закрепительный винт и наводящее устройство ее устанавливают по предмету кремальерой (винтом фокусирующей линзы). Рядом с окуляром трубы расположен окуляр штрихового микроскопа, поле зрения которого представлено на рис 31. Точность отсчета микроскопа –  $1''$ . Теодолит имеет наводящее устройство горизонтального круга, наводящие и закрепительные винты алидады. В кожухе расположен вертикальный круг.

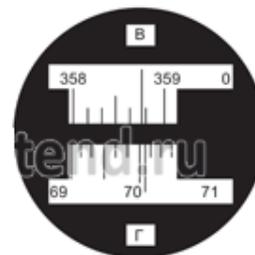


*Рис 25 Теодолит Т 30*

1 – головка штатива; 2 – основание; 3 – подъемный винт; 4 – наводящий винт алидады; 5 – закрепительный винт алидады; 6 – наводящий винт зрительной трубы; 7 – окуляр зрительной трубы; 8 – предохранительный колпачок сетки нитей зрительной трубы; 9 – кремальера; 10 – закрепительный винт зрительной трубы; 11 – объектив зрительной трубы; 12 – цилиндрический уровень; 13 – кнопочный винт для поворота лимба; 14 – закрепительный винт; 15 – окуляр отсчетного микроскопа с диоптрийным кольцом; 16 – зеркальце для подсветки штрихов отсчетного микроскопа; 17– колонка; 18 – ориентир-буссоль; 19 – вертикальный круг; 20 – визир; 21 – диоптрийное кольцо окуляра зрительной трубы; 22 – исправительные винты цилиндрического уровня; 23 – подставка.



**поле зрения микроскопа  
теодолита Т30**



отсчет по вертикальному кругу  
358 гр. 48 мин.  
отсчет по горизонтальному кругу  
70 гр. 05 мин.

*Рис 26 Устройство теодолита*

## ЛЕКЦИЯ 10

### Полевые геодезические работы.

#### Определение плановых координат точек на местности.

##### 1. Плановые исходные точки и геодезические сети

Линейные и угловые измерения, проводимые на местности, устанавливают геометрическую взаимосвязь между точками земной поверхности, определяющую их плановое положение на плоскости в плановой системе координат. Измерения производят относительно исходных или начальных точек координаты которых определены или

заданы заранее. По мере удаления от исходной точек накапливаются погрешности, неизбежно сопровождающие измерения. , и, следовательно, понижается точность определения координат точек местности. Если использовать несколько независимых друг от друга исходных точек, то результаты определения координат прочих точек будет трудно согласовать между собой. Возникает необходимость предварительного определения планового положения начальных точек в единой системе координат. Это позволяет избежать нарастания погрешностей измерений и достаточно легко сводить разрозненные работы в единое целое. Связанные между собой единой системой координат исходные точки образуют плановые геодезические сети, используемые при съемочных работах.

Плановое положение исходных точек можно получить астрономическими или геодезическими методами. Астрономическими методами координаты определяют по наблюдениями за светилами на каждой из точек независимо друг от друга. Геодезические методы основаны на линейных и угловых измерениях между всеми исходными точками для вычисления их координат. Одним из наиболее простых методов создания плановых геодезических сетей является прокладка так называемых плановых геодезических ходов.

## **2. Теодолитные ходы их виды. Вычисление координат точек теодолитного хода.**

Теодолитным ходом называют замкнутый или разомкнутый многоугольник на местности, в котором углы измеряют теодолитом.

Перед измерением точек теодолитного хода (точки поворота) закрепляют их на местности. При выборе их местоположения руководствуются удобством их использования в последующих работах и обеспечением их долговременной сохранности. Закрепляются точки временными или постоянными геодезическими знаками. Временными знаками служат деревянные столбы и колья, металлические костыли и трубы. Центры знаков маркируют краской или гвоздями. Временные знаки используют на небольших участках и когда нет необходимости в их долгой сохранности. Долговременные точки закрепляют долговременными пилонами, трубами, деревянными столбами, установленными на бетонный монолит и окапывают канавами установленной формы. Обычно измеряют углы поворота, лежащие вправо по ходу, что более удобно обработке. Измерение производят одним приемом с простановкой лимба между приемами на  $90^0$ , колебания значений углов в полу приемах не должны превышать  $1,5''$ . Длины сторон измеряют светодальномерными насадками , оптическими дальномерами, электронными и редуцированными

тахеометрами, длинномерами в одном направлении, землемерными 20 – метровыми лентами, рулетками и другими приборами, обеспечивающими точность измерений. Углы наклона определяют по вертикальному кругу теодолита и вводят поправки за приведении длин линий к горизонту при углах более  $1,5^{\circ}$ . Если на измеряемой линии несколько линий перегиба, то при измерении ее лентой рулеткой или дальномером по частям углы наклона измеряют не каждой точке отдельно.

Длины сторон в теодолитных ходах не должны быть больше 350 и меньше 20 м. Прокладываются теодолитные ходы с предельными относительными погрешностями. 1: 3000, 1: 2000, 1: 1000.

Результаты угловых и линейных измерений заносят в журнал установленной формы. По результатам полевых измерений определяют координаты точек теодолитного хода решением прямой геодезической задачи по каждой линии хода. Необходимые для этого углы ориентирования получают путем вычислений на основании геометрической зависимости между ними и углами, образуемыми сторонами теодолитного хода. Начальный дирекционный угол может быть задан по исходным данным. В изолированных ходах измеряют географический или магнитный азимут одной из сторон. И принимают его за начальный угол хода.

#### схема теодолитного хода

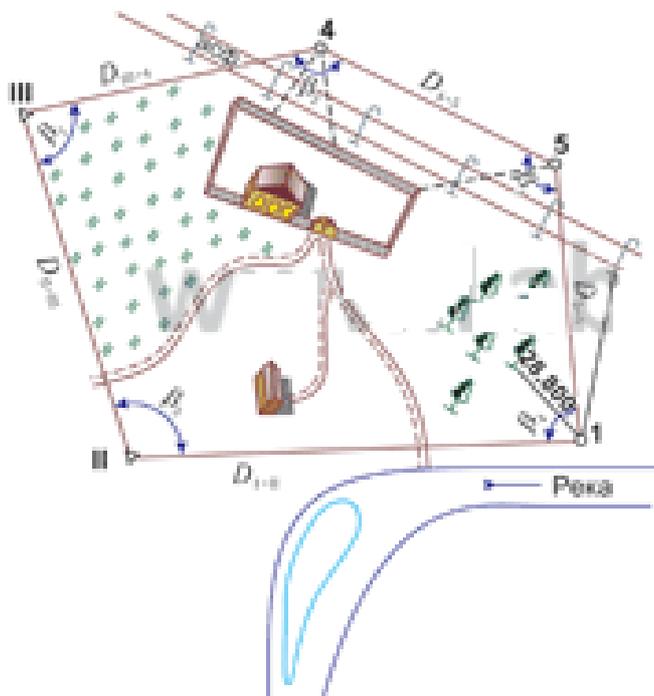


Рис 27 схема замкнутого теодолитного ход

# ЛЕКЦИЯ 11

## СЪЕМКА МЕСТНОСТИ

### ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ИНСТРУМЕНТЫ

#### 1. Способы съемок

Способ прямоугольных координат или способ перпендикуляров применяют для съемки контуров, лежащих вблизи сторон теодолитного хода. Сторона теодолитного хода принимается за ось абсцисс, одна из точек - за начало отсчета. За ординату принимают длину перпендикуляра, опущенного из точки снимаемого контура на ось абсцисс.

Для съемки углов А, Б, В, Г капитального здания поступают следующим образом. Мерную ленту укладывают по стороне I-II с помощью теодолита (с отклонениями не более 2 см).

Из снимаемой точки контура опускают перпендикуляр на сторону I-II и при помощи стальной рулетки измеряют его длину, а по ленте делают отсчет, определяющий расстояние от начала отсчета (точки I теодолитного хода) до основания перпендикуляра.

Погрешность в положении основания перпендикуляра, построенного на глаз, составляет 0,01 его длины. Для различных масштабов съемки установлены предельные значения длин перпендикуляров.

Для масштаба 1:500 его длина не должна превышать 4 м. При увеличении длины перпендикуляра для его построения необходимо применять экер или уточнять положение перпендикуляра линейной засечкой длиной, не превышающей длины мерного прибора.

Способ полярных координат применяют для съемки контуров, удаленных от сторон теодолитного хода на значительное расстояние.

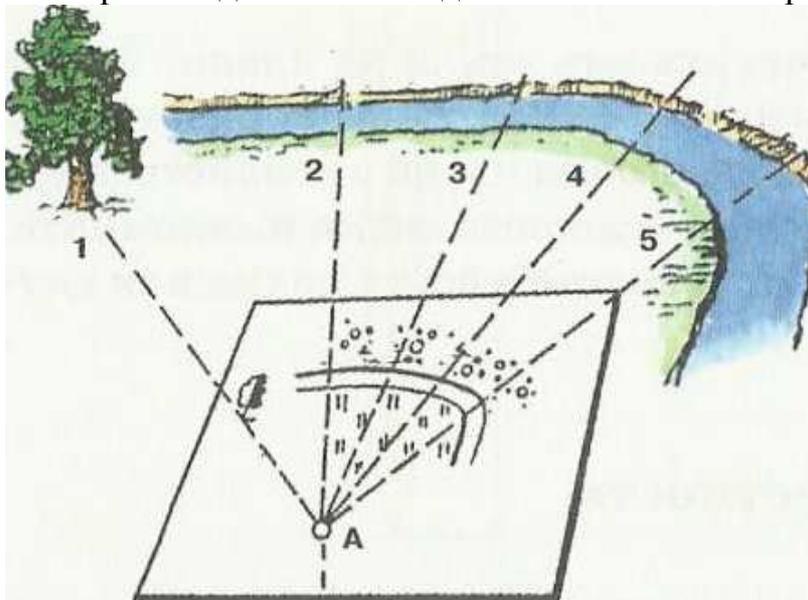


Рис 27 Полярный способ съемки

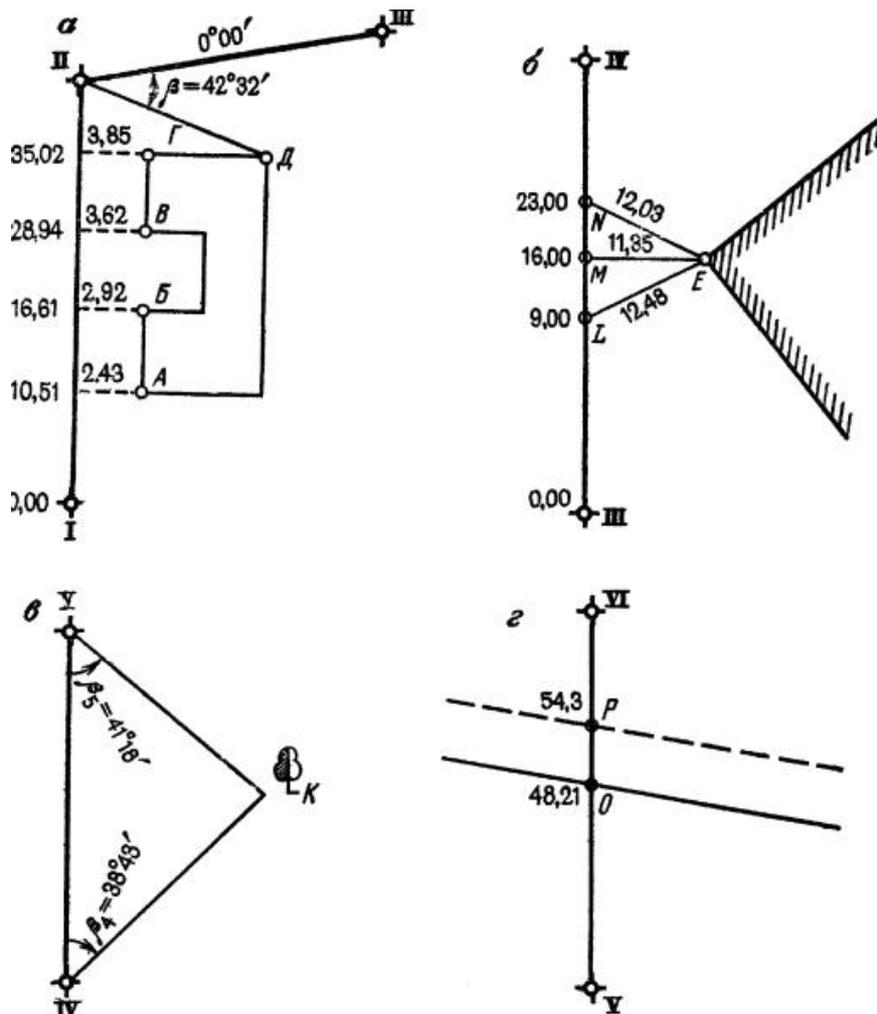


Рис 28 Способы съемок а) способ перпендикуляров; б) способ линейных засечек; в) способ угловых засечек; г) способ створов.

## 2. Сущность и виды наземных съемок

Под наземной топографической съемкой понимается совокупность полевых и камеральных работ по определению взаимного расположения выбранных характерных точек местности в плане и по высоте и построению графической (топографический план, топографическая карта) или аналитической (цифровая карта) модели местности. По своему содержанию производство наземных топографических работ в общем случае включает три укрупненных процесса:

- съемку ситуации и рельефа (комбинированная, тахеометрическая, мензульная, фототеодолитная); только ситуации (горизонтальная) или рельефа (вертикальная);

- координирование в плане основных точек местности (углы кварталов, отдельных капитальных зданий и сооружений и др.), выбираемых в соответствии с назначением съемки и особыми инженерными требованиями;

- определение отметок отдельных точек сооружений, необходимых для инженерных расчетов и выбираемых по особому требованию.

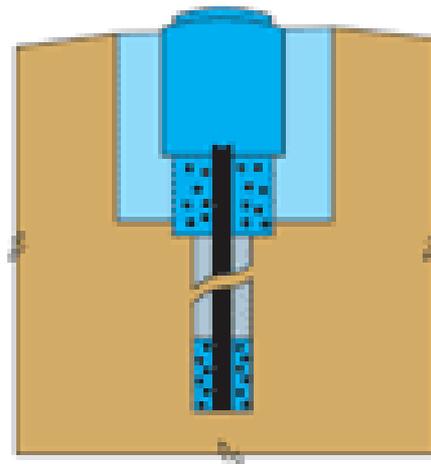
Геодезической основой перечисленных процессов в плановом отношении служат пункты государственной геодезической сети 1, 2, 3 и 4 классов, сетей сгущения (сети местного значения) 1 и 2 разрядов (триангуляция, полигонометрия) и пункты съемочного геодезического обоснования. В высотном отношении основой являются реперы и марки государственной нивелирной сети I, II, III, IV классов и технического нивелирования, пункты государственной сети, сетей местного значения и съемочного обоснования, высоты которых определены техническим или более точным нивелированием.

Вопросы построения опорных геодезических сетей регламентированы соответствующими нормативными документами ГУГК.

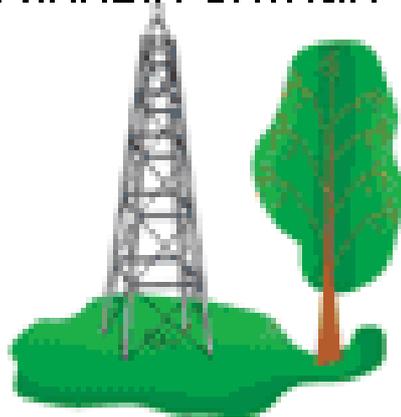


*Рис 29 Нивелирные знаки геодезических сетей*

грунтовый репер



деревянный сигнал



металлическая пирамида



*Рис 30 Пункты государственной геодезической сети*



*Рис 31 Металлическая пирамида*

В данном курсе включены вопросы производства контурно-комбинированной, тахеометрической, мензульной, полуавтоматического картирования и горизонтальной съемок, а также методы координирования в плане основных точек местности.

Комбинированной (контурно-комбинированной) съемкой называют сочетание аэрофотосъемки с наземной, применяется она в районах со слабовыраженным рельефом. Существенной особенностью этого метода съемки является то, что ситуация плана создается фотограмметрической обработкой аэроснимков, а рельеф - наземной съемкой на фотопланах, причем съемка, рельефа несколько упрощается, так как на фотоплане видны отдельные его формы.

Одним из основных методов наземной топографической съемки

является тахеометрическая съемка. Основной особенностью этого метода является быстрота производства полевых работ, которая достигается, с одной стороны, за счет комплексного производства всех необходимых измерений одним прибором - тахеометром, а с другой - за счет перенесения основного объема работ по составлению топоплана в камеральные условия.

Мензультная съемка имеет своим назначением получение топографического плана местности при помощи мензулы и кипрегеля. Отличительная особенность этого метода состоит в том, что топографический план составляется непосредственно в поле (на местности), что обеспечивает наглядность и высокое качество составительских работ. При составлении плана горизонтальные углы не измеряют, а получают их графическим путем. Мензультную съемку иногда называют углоначертательной (графической).

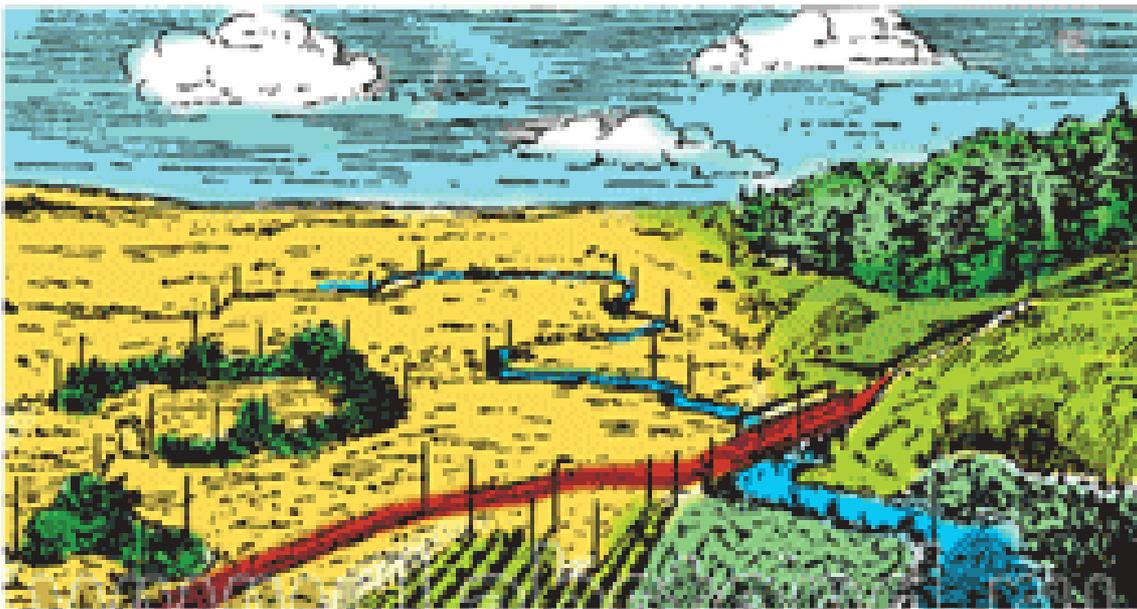
Метод полуавтоматического картирования сочетает в себе быстроту тахеометрической съемки с наглядностью мензультной съемки. Этот метод реализуется с помощью специальных картографических устройств (столиков), используемых в сочетании с тахеометрами, а также с некоторыми другими геодезическими инструментами.

Горизонтальная съемка предназначена для получения контурного плана, отображающего ситуацию местности, и применяется при съемке местности (в основном застроенные территории) с большим количеством контуров. Осуществляется этот метод с помощью теодолитов, эккером и мерных приборов.

Выбор того или иного метода съемки или комбинации этих методов производится в зависимости от конкретных условий производства работ (Цели съемки, характера местности, объема работ, наличия инструментов и кадров и т. д.).

### **3. Содержание съемочных работ**

В соответствии с назначением топографической съемки в процессе полевых работ осуществляются измерения углов и линий относительно съемочной сети с целью определения взаимного положения отдельных точек местности. При этом определения плановых координат точек, принадлежащих границам сооружений и элементов местности (контур), составляют съемку ситуации. Определение же координат и высот точек, характеризующих рельеф местности, составляет содержание съемки рельефа.



*Рис 37 Съёмка ситуации (вешками обозначены характерные точки конфигурации элементов ситуации)*

Основной задачей съёмки ситуации является определение взаимного положения необходимого и достаточного числа характерных точек контуров, которое обеспечивало бы изображение этих контуров на плане в соответствии с требованиями точности и детальности съёмки заданного масштаба. При этом полнота съёмки должна соответствовать требованиям действующих условных знаков.

Предметами съёмки в зависимости от поставленных задач, от назначения и масштаба создаваемого плана, от степени застроенности территории являются:

а) все без исключения населенные пункты независимо от их размера, при этом в масштабах 1:2000 и крупнее должны быть засняты все строения в отдельности, независимо от условий их размещения с обязательным выделением их пристроек;

б) наземные сооружения всех видов и назначений - производственные, культурно-бытовые, благоустройства, все без исключения категории транспортного и пешеходного сообщений и имеющиеся на них сооружения всех видов, исторические памятники, парки, сады, посадки на улицах и площадях, места выхода на земную поверхность подземных инженерных коммуникаций;

в) отдельные постройки вне черты населенных пунктов независимо от их назначения и размеров;

г) орошаемые и осушаемые участки и имеющиеся на них эксплуатационные и другие сооружения;

д) все виды естественных и искусственных водных объектов и водных источников с разделением на постоянные и пересыхающие и все сооружения на них с указанием их конструктивных и эксплуатационных характеристик;

е) отдельно стоящие на открытых местах деревья, кусты, большие камни и кустарниковые поросли; лесные массивы с выделением хвойных и лиственных пород и смешанных лесов, вырубок, гарей, прогалин, заболоченных мест и определением породы деревьев, средней высоты и толщины на высоте 1,5 м от земли;

ж) земельные площади сельскохозяйственного использования с разделением их по видам: парники, фруктовые сады, виноградные питомники, огороды, пастбища, сенокосы, заливные луга, степи и т. п.;

з) контуры земельных участков, не имеющих сельскохозяйственного значения: каменистых мест, песков, проходимых и непроходимых болот и т. п.;

и) места разработок рудных и нерудных ископаемых;

к) существующие на местности границы и граничные столбы: городская черта, полосы отчуждений железных и автомобильных дорог, нефте- и газопроводов и т. п.

В зависимости от материала постройки, назначения инженерных сооружений и характера очертания контуров все элементы местности подразделяются на два типа:

- контуры твердые,
- контуры нетвердые.

К твердым контурам относятся постоянные инженерные сооружения, построенные из долговечных огнестойких материалов (кирпича, бетона и т.п.).

К нетвердым контурам относятся сооружения временного типа, постоянные сооружения, построенные из легких недолговременных неогнестойких материалов (камыш, дерево и т.п.), а также естественные контуры. Естественные контуры, кроме того, подразделяются на контуры четкие, т.е. имеющие четко выраженные и легко опознаваемые границы, и не четкие, т.е. контуры, не имеющие ясно выраженных границ.

Такое деление носит несколько условный характер и в ряде случаев не обеспечивает однозначного решения.

При съемке ситуации точность измерений и нанесения точек на план определяется как масштабом съемки, так и характером очертания контуров.

Так, в застроенной местности, с капитальными сооружениями требуется наиболее высокая точность измерений и прежде всего линейных, средняя погрешность измерения линий не должна превышать 0,2 мм в масштабе съемки, что позволит обеспечить среднюю погрешность во

взаимном положении на плане точек близлежащих контуров не более 0,4 мм, как это предусмотрено «Основными положениями 1970 г.».

При съемке контуров, имеющих четкие границы, погрешности съемки должны быть такими, чтобы средняя погрешность нанесения точек на план относительно пунктов съемочного обоснования не превышала 2,0 м для масштаба 1:5000; 0,80 м для масштаба 1:2000; 0,40 м для масштаба 1:1000; 0,25 м для масштаба 1:500.

Число реечных точек при съемке ситуации с четкими границами должно назначаться так, чтобы две смежные точки контура могли быть соединены прямой, а действительная кривая контура не отступала от этой прямой более 0,5 мм в плане.

Выступы и изгибы отдельных контуров, имеющие размеры не более 1,0 м при съемке в масштабе 1:5000; 0,50 м при съемке в масштабе 1:2000 и 0,3 м при съемке в масштабе 1:1000, могут спрямляться.

При съемке неясно выраженных контуров может быть допущена погрешность до 5 м независимо от масштаба съемки. Контурные с неопределенным очертанием (редкий лес, кустарник по лугу и т. п.) оконтуриваются и снимаются приближенно.

Небольшие контуры, площадью менее 0,1 см<sup>2</sup> в масштабе съемки, а также отдельные предметы местности, не выражающиеся по своим размерам в масштабе съемки, при проведении съемочных работ не оконтуриваются, снимаются одной точкой, которая выбирается в центре снимаемого контура или предмета местности. Для нанесения на план строений, имеющих неправильную конфигурацию, снимаются все углы. Съемка строений правильной геометрической формы выполняется путем сочетания съемки углов и обмеров рулеткой. На путях сообщения в зависимости от ширины снимаются все сооружения и строения, начало и конец закруглений, оси путей, насыпи, выемки, водоотводные канавы с указанием при этом ширины всей дороги, проезжей части, насыпи, обочин, ширины и глубины выемок и канав, направления дорог. Полевые и проселочные грунтовые дороги снимаются только по оси с указанием ширины.

Съемка водоемов (при ширине их более 3 мм в масштабе съемки) ведется в любом масштабе по обоим берегам, причем реечные точки выбираются на одной нормали к оси водотока, а при ширине водоема от 1 до 3 мм - по одному берегу; при этом ширина водоема определяется промерами с соответствующей записью в журнале. Одновременно со съемкой водоемов снимаются все сооружения на берегах.

На незастроенных территориях снимаются все воздушные линии, при этом в масштабе 1:2000-1:500 снимаются все опоры, а в масштабе 1:5000 - только поворотные опоры, если съемка всех опор не оговорена в задании.

В целях обеспечения необходимой точности топографических планов при съемке полярным; методом с использованием нитяных дальномеров установлены пределы для расстояний от инструмента до реечных точек, приведенные в табл. 1.

В случае применения дальномеров или мерных приборов, обеспечивающих более высокую точность измерения расстояний, допустимые расстояния от инструмента до снимаемых точек могут увеличиваться.

Для получения координат и высот точек, характеризующих рельеф местности, выполняется вертикальная съемка.

В незастроенной местности она выполняется одновременно со съемкой контуров, а в местности с густой застройкой вертикальная съемка может выполняться после проведения горизонтальной съемки.

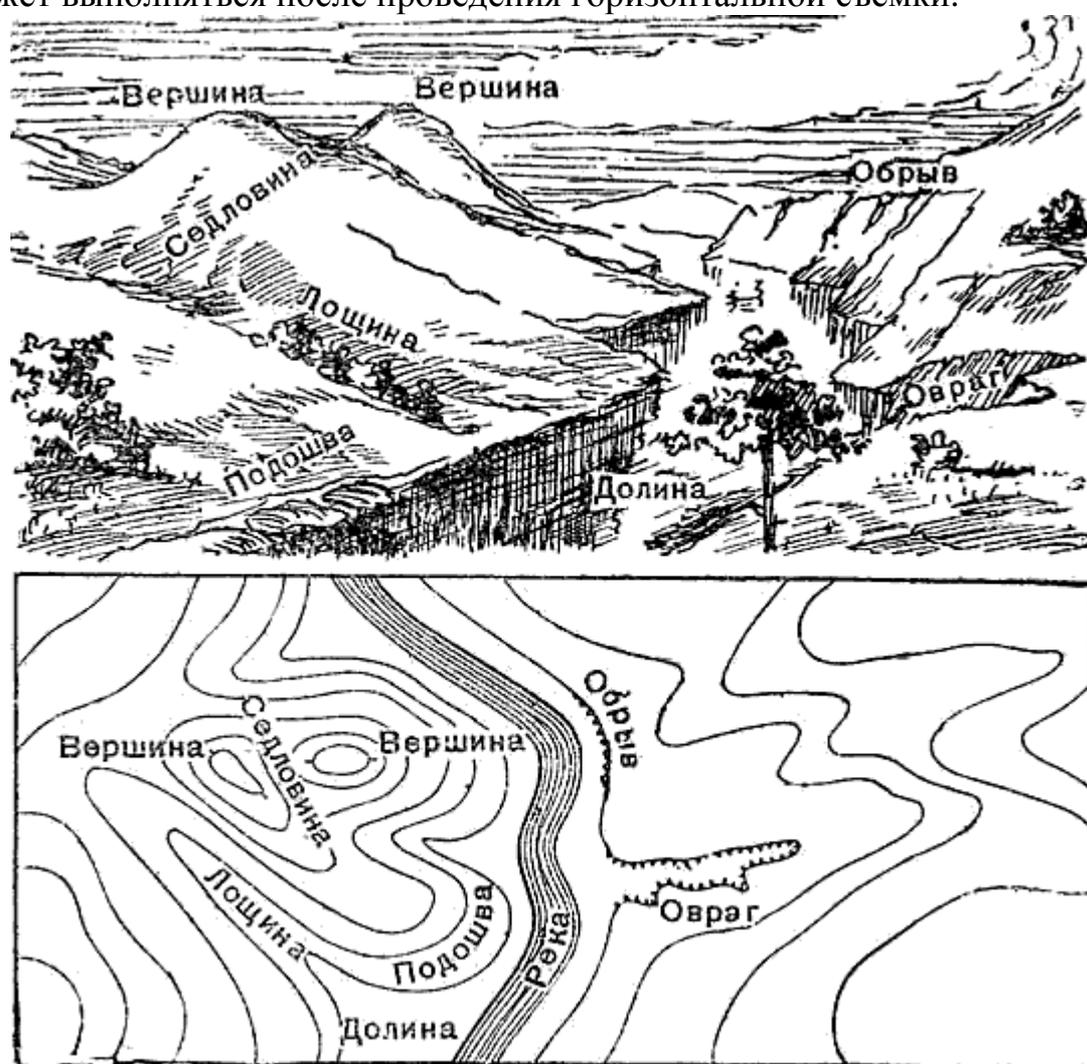


Рис 38. Основные формы рельефа и их изображение на планах (горизонталями)

При съемке рельефа исходят из того, что рельеф на топографических

планах изображаются горизонталями, основные сечения которых устанавливаются от 0,5 до 5,0 м. Для наилучшего выражения рельефа в характерных местах (вершины, котловины, седловины, перемена крутизны скатов и др.) проводятся полугоризонтали или четвертьгоризонтали. Для проведения на планах горизонталей во время съемки набирается определенное количество речных точек с таким расчетом, чтобы при наименьшем количестве набранных точек наилучшим образом изобразился рельеф местности. При этом руководствуются следующими соображениями.

Таблица 4

Масштаб съемки	Допустимое расстояние (м) от инструмента до точек при съемке	
	четких контуров, некапитальных сооружений	нечетких контуров
1:500	60	80
1:1000	80	100
1:2000	100	150
1:5000	150	200

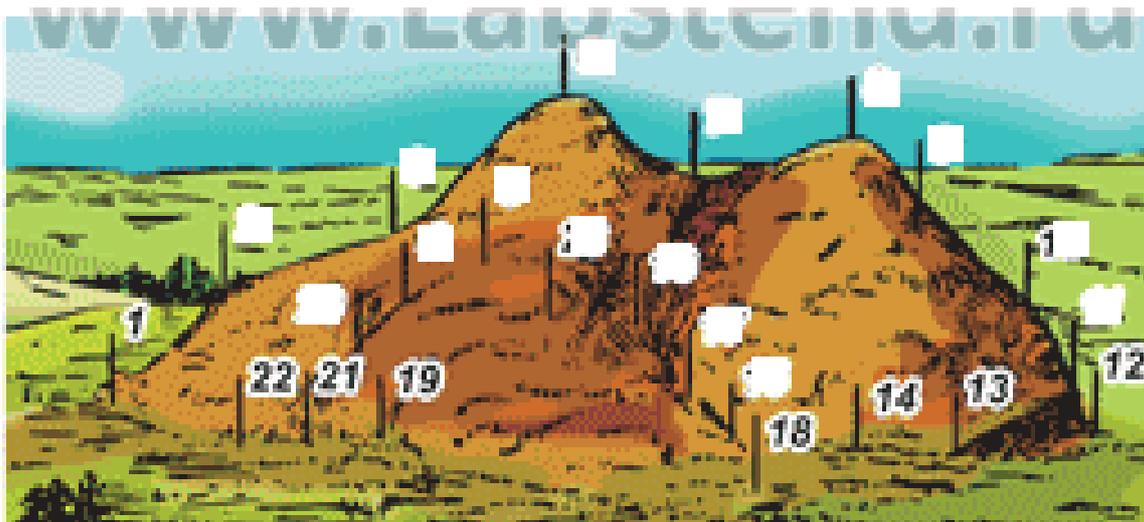
Речные точки при съемке местности с ясно выраженным рельефом при однообразных скатах выбираются друг от друга на расстояниях, которые зависят от метода съемки и не превышают величин, приведенных в табл. 2.

Таблица 5

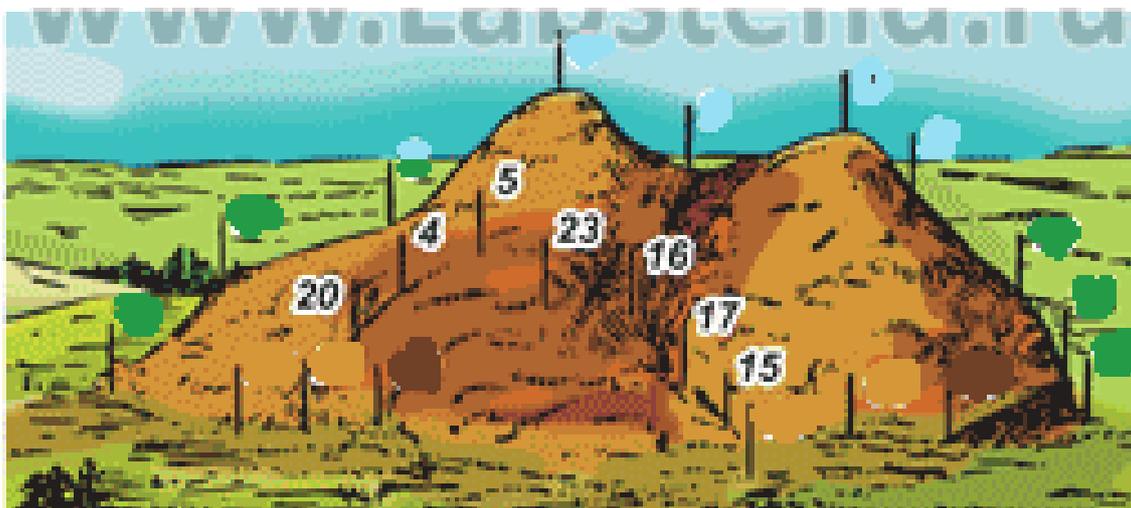
Масштаб съемки	Сечение рельефа горизонталями	Максимальное расстояние между речными точками, м		Максимальное расстояние от инструмента до снимаемой точки, м
		мензуральная	Тахеометрическая	
1:500	0,5	15	10	100
1:1000	0,5	30	20	150
	1	40	30	200
1:2000	0,5	50	40	200
	1	50	40	250
1:5000	2,0	60	50	250
	0,5	80	60	250
	1	100	80	300
	2,0	120	100	350
	5,0	150	120	350

Расстояния от инструмента до снимаемых точек установлены исходя из точности измерения их нитяными дальномерами.

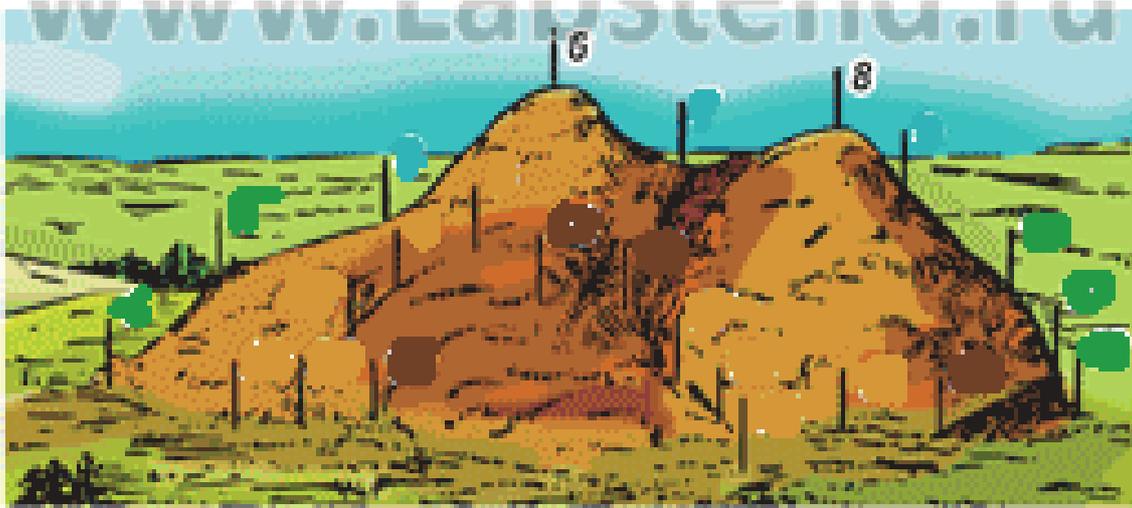
В местах с неопределенными формами рельефа и скатами переменной крутизны количество реечных точек должно быть увеличено. Но при этом необходимо иметь в виду, что излишнее количество реечных точек затрудняет проведение горизонталей. Поэтому перед съемкой необходимо осмотреть местность, наметить места установки рейки и указать эти места реечнику.



*Рис 38 Установка реек для снятия высотных отметок по контуру подошвы холма – 1,22,21,19,18,14,13,12*



*Рис 39. Установка реек для определения направления и падения лощины – 4,20,16,17,15*



*Рис 40 Установка рейки на вершине холма – 6,8*

Высотные точки обязательно должны быть взяты на вершинах, водоразделах, на перегибах скатов, у подошвы возвышенностей, на перегибе седла, на тальвегах в местах их поворотов, у вершин и устьев лощин, в котлованах, ямах, воронках и по краям их, на берегах рек и ручьев, урезов воды и в других местах, необходимых для рисовки рельефа. Реечные точки выбирают с таким, расчетом, чтобы они не только характеризовали местность по высоте, но и давали направление склонов, и чтобы скаты между этими точками можно было считать однообразными.

Кроме реечных точек, набираемых для рисовки рельефа, должны быть определены отметки оснований и вершин искусственных сооружений, плотин, мостов, вершин и подошв насыпей, пересечения и осей дорог, вершин курганов, головок рельсов, у колодцев, около строений и в наиболее характерных местах. Высотные точки, взятые у местных предметов или контуров, которые не следует использовать при разведении горизонталей, должны иметь соответствующую пометку в графе «примечание» полевого журнала. Изрытые или каменистые места, песчаные наносы при съемке оконтуриваются с определением отметок не реже, чем это приведено в табл. 2.

## **ЛЕКЦИЯ 12**

### **Тахеометрическая съемка**

#### **1. Сущность метода тахеометрической съемки**

Тахеометрическая съемка является наиболее распространенным методом наземной топографической съемки. Быстрота тахеометрической съемки достигается благодаря тому, что все измерения, необходимые для определения положения снимаемой точки местности как в плане, так и по

высоте, выполняются комплексно, одним измерительным инструментом - тахеометром при одном наведении трубы. План местности при этом методе составляется камеральным путем.

Тахеометрическая съемка имеет существенное преимущество перед всеми другими видами наземных съемок в тех случаях, когда полевою часть работы требуется выполнить в кратчайший срок или когда нет благоприятной погоды для выполнения съемки другими методами. Она применяется для создания планов небольших участков как основной вид съемки или в сочетании с другими видами, а также при съемках вдоль трасс, проектируемых и существующих линейных сооружений, застроенной территории и там, где применение другого вида съемки экономически нецелесообразно и технически невозможно. Этот метод съемки может применяться для вертикальной съемки рельефа с одновременной подсъёмкой ситуации на площадях, покрытых горизонтальной съемкой.

Недостатком тахеометрической съемки является то, что составление плана камеральным путем исключает возможность сличения его с местностью, вследствие чего возможны пропуски отдельных деталей и искажения в изображении рельефа.

Плановое положение снимаемых точек местности при тахеометрической съемке определяется путем измерения, полярных координат, т. е. измеряется горизонтальный угол между направлениями на точку съёмочного обоснования и снимаемую точку до снимаемой точки местности.

Расстояния, как ранее отмечалось, при тахеометрической съемке определяются дальномером.

Если съемка ведется тахеометром с нитяным дальномером, то расстояние вычисляется по формуле

$$h = Kn + C, \quad (26)$$

где  $K$  - коэффициент дальномера;

$n$  - число делений на рейке, между дальномерными нитями;

$C$  - постоянная дальномера, равная полуторному значению длины трубы при фокусировке ее на удаленный предмет.

Фактическое значение коэффициента и постоянного слагаемого дальномера для каждого инструмента находится из специально поставленных измерений.

В большинстве случаев тахеометрическая съемка ведется наклонным лучом, вследствие чего формулы усложняются.

Горизонтальное проложение расстояний вычисляется по формуле  
 $d = L - L \sin 2\alpha$ . (27)

При тахеометрической съемке с помощью инструментов полуавтоматов и автоматов поправка за наклон линий вводится автоматически, что позволяет непосредственно по рейке измерять горизонтальное проложение.

Высотное положение снимаемых точек определяется в зависимости от типа применяемого инструмента и условий местности тригонометрическим нивелированием, нивелированием горизонтальным лучом тахеометров.

Превышение при тригонометрическом нивелировании определяется по формуле

$$h = d \cdot \operatorname{tg} \alpha + i - v + f, \quad (28)$$

где  $d$  - горизонтальное проложение линий;

$i$  - высота инструмента;

$v$  - высота визирной цели;

$f$  - поправка за кривизну Земли и рефракцию.

Поправка за кривизну Земли и рефракцию вводится в измеренные линии, когда длина их превышает 270 м (см. 3.2). Иногда в практике визируют на отсчет по рейке, равной высоте инструмента, в этом случае вычисление превышений значительно упрощается, и формула (11) принимает вид

$$h = d \cdot \operatorname{tg} \alpha. \quad (29)$$

При измерении расстояний нитяным дальномером превышения определяются по формуле

$$h = \frac{(\Pi_{\text{пр}} - \text{З}_{\text{пр}}) + (\Pi_{\text{об}} - \text{З}_{\text{об}})}{2} = - \frac{(\text{З}_{\text{пр}} - \Pi_{\text{пр}}) + (\text{З}_{\text{об}} - \Pi_{\text{об}})}{2} \quad (30)$$

где  $\alpha$  угол наклона;

$L$  - длина наклонной линии.

Вычисления горизонтального проложения и превышения по формулам (17) и (20) выполняются при помощи специальных таблиц, из которых искомые величины выбираются по углу наклона и дальномерному расстоянию.

В состав работ тахеометрической съемки входит:

- создание съемочного обоснования для тахеометрической съемки;
- съемка ситуации и рельефа;
- составление плана тахеометрической съемки.

## 2. Инструменты

Для производства тахеометрической съемки применяются саморедуцирующие и нередуцирующие тахеометры с картографическими столиками.

### 2.1. Тахеометры

В настоящее время тахеометрическая съемка выполняется преимущественно саморедуцирующими тахеометрами двух видов: диаграммными тахеометрами и тахеометрами двойного изображения. Для производства тахеометрических съемок могут использоваться и нередуцирующие тахеометры. При достаточно ровной местности могут применяться и нивелиры с горизонтальным кругом, называемые нивелирами-тахеометрами (Ni030, NiВ1, НТ, НСК-4).

В табл. 3 приведены тахеометры, получившие широкое применение в практике тахеометрических съемок.

При измерении линий по горизонтальным рейкам прибор автоматически дает горизонтальное проложение. Превышение определяется в обычном порядке по вертикальному углу либо по значению тангенса угла наклона, получаемого по шкале на вертикальном круге.

Тахеометр ТП предназначен для проложения ходов полигонометрии 2 разряда и тахеометрических съемок повышенной точности. Тахеометр снабжен дальномером двойного изображения, дающим возможность измерять линии, редуцированные на плоскость длиной от 2 до 180 м, по 2-метровой горизонтальной рейке. Обеспечивает автоматическое определение превышений по той же рейке. Наличие компенсатора при вертикальном круге, компенсирующего наклон подставки прибора в пределах  $\pm 3'$ , позволяет использовать тахеометр в качестве нивелира.

Таблица 6

Тип инструмента	Относительная точность измерения линий	Пределы намерения линий в м	Наличие реек
1	2	3	4
Редукционные тахеометры двойного изображения			
Redta 002 (ГДР)	1:5000 1:300	2,5 – 170 2,5- 300	Горизонтальная вертикальная
ТП (СССР)	1:5000 1:300	2-180 2- 300	Горизонтальная вертикальная
Внутрибазисные редукционные тахеометры			
ТВ(СССР)	1:1000	2-160	Без рейки

	1:500 1:1500	До 180	горизонтальная
BRT 006 (ГДР)	1:1700	2-160 До 180	Без рейки горизонтальная
ДВ-20 (СССР)	1:500 1:300	17,5-300 2-375	Без рейки вертикальная
ТДС (СССР)	1:300 1:100	11 - 150 150 - 300	Без рейки То же
Диagramмные тахеометры			
Dahlta 020 (ГДР)	1:500	3-350	вертикальная
ТА-Д1 (Венгрия)			
ТА-2 (СССР)			
Нередуцирующие тахеометры			
ТТ 50	1:350	2 и более	Вертикальная
ТН	1:350	»	»
Т 30	1:300	1,0 и более	»

### 3. Геодезическое обоснование тахеометрической съемки

Как, правило, количество пунктов существующей геодезической сети недостаточно для тахеометрической съемки. Чтобы обеспечить необходимую плотность точек съемочной сети, дополнительно прокладывают тахеометрические ходы.

Тахеометрические ходы (как и теодолитные) – это система ломанных линий, концы которых на местности закрепляются забитыми в землю кольями. Горизонтальные углы измеряют одним полным приемом. Вертикальные углы измеряют по правилам тригонометрического нивелирования. Расстояния измеряют в прямом и обратном направлениях с относительной погрешностью 1:400, а при съемке в масштабе 1:500 – землемерной лентой с относительной погрешностью – 1:1000. Предельная длина тахеометрического хода зависит от масштаба съемки и необходимой точности получения отметок высоты точек. (Таблица 7)

Таблица 7

Длина тахеометрического хода и длина его линий

Масштаб съемки	Максимальная длина хода, м	Максимальная длина линий хода, м	Максимальное число линий в ходе
1:5000	1200	300	6
1:2000	600	200	5
1:1000	300	150	3
1:500	200	100	2

Тахеометрические ходы могут прокладываться в виде одиночных замкнутых или разомкнутых ходов или в виде систем ходов. Съёмочные тахеометрические ходы прокладываются по тем же правилам, что и теодолитные.

#### 4. Выполнение тахеометрической съемки

Съемка элементов ситуации и рельефа состоит в определении координат, и высот пикетов снимаемого участка местности. Пикеты, предназначенные только для определения элементов ситуации называются **контурными или ситуационными**, а для съемки рельефа – **орографические**. Для того чтобы пикеты без пропусков и равномерно покрывали территорию съемки. Перед началом работы проводят детальный осмотр местности. Определяют характер и структуру рельефа, намечают положение съёмочных пикетов на местности. Пикеты намечают по всем орографическим линиям и точкам рельефа: водоразделам, тальвегам, перегибам скатов, уступам и т.д. (рис 41 – 44)

Основной способ съемки подробностей местности – **полярный**. Съемка местности может выполняться одновременно с проложением тахеометрического хода или отдельно. Порядок выполнения работ на съёмочной точке зависит от применяемых приборов и принятой технологии съемки. Если съемка выполняется теодолитом одновременно с прокладкой тахеометрического хода, то последовательность работ такая:

1. Устанавливают теодолит в точке хода, приводят в рабочее положение и измеряют его высоту (с точностью до 1 см).

2. По горизонтальному кругу измеряют угол между линиями хода, расстояние по дальномеру до задней и передней точек (по отношению к съёмочной) и углы наклона по вертикальному кругу теодолита.

3. Ориентируют горизонтальный круг теодолита по одной из точек хода (задней или передней). Для этого на горизонтальном круге устанавливают отсчет равный нулю (при положении трубы КЛ), скрепив алидаду с лимбом, визируют на одну из точек хода. Оставляя лимб закрепленным до конца работы, ведут съемку подробностей местности с точки стояния прибора в такой последовательности: визируют трубу

теодолита на рейку, установленную на каждом пикете (точка визирования соответствует высоте теодолита), и берут дальномерные отсчеты по рейке, отсчеты по вертикальному и горизонтальному кругам.

Таблица 8

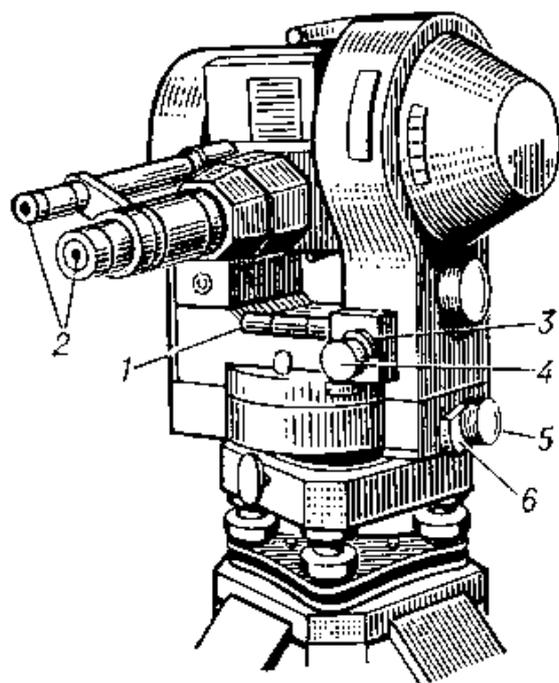
Допустимые расстояния при тахеометрической съемки.

Масштаб съемки	Сечение рельефа, м	Максимальное расстояние между пикетами, м	Максимальное расстояние от прибора до рейки при съемки рельефа, м	Максимальное расстояние от прибора до рейки при съемки контуров, м
1:5000	0,5	60	250	150
	1,0	80	300	150
	2,0	100	350	150
	5,0	120	350	150
1:2000	0,5	40	200	100
	1,0	40	250	100
	2,0	50	250	100
1:1000	0,5	20	150	80
	1,0	30	200	80
1:500	0,5	15	100	60
	1,0	15	150	60

Результаты измерений заносят в журнал тахеометрической съемки. В процессе ведения журнала при работе с теодолитами проводят вычисления место нуля вертикального круга, углов наклона и т.д. Параллельно с записью данных в журнале для каждой станции ведут абрис – схематический чертеж, на котором зарисовывают на глаз снимаемую ситуацию и рельеф. Ситуацию местности отмечают соответствующими знаками. Пунктирными линиями показывают скелет рельефа с указанием направлений скатов между пикетами. Абрис удобно вести на листах бумаги с сеткой концентрических окружностей (например через 0,5 см) и радиусов образующих углы в  $10^0$ . Для удобства составления абриса сетку следует вычерчивать бледно – синим цветом. На подготовленную сетку наносят положение съемочной точки (в середине листа) и всех съемочных пикетов, указывая их номера.

## 5. Камеральные работы

Камеральные работы при тахеометрической съемке включают: проверку полевых журналов, вычисление плановых координат точек тахеометрического хода, вычисление отметок точек хода, вычисление отметок пикетов, построение топографического плана местности.



*Рис 41 Тахеометр ТА1*



*Рис 42 тахеометр LEICA TC805*



*Puc 43 TRIMBLE M3*



*Рис 45 теодолит BOIF\_TDJ6E*

## **ЛЕКЦИЯ 13**

### **МЕНЗУЛЬНАЯ СЪЕМКА**

#### **1. Сущность мензурной съемки**

Мензурная съемка один из видов топографической съемки, при которой с помощью мензулы (столика на треноге) и кипрегеля (оптико – механического прибора) непосредственно на участке съемки создается топографический план. При мензурной съемке горизонтальные углы не измеряются прибором, их получают путем графических построений на планшете, поэтому мензурную съемку называют также углоначертательной (графической). Мензурная съемка проводится в основном в масштабе 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500.

Достоинство мензурной съемки в том, что план строится непосредственно на местности. Это дает возможность сравнить его с натурой, более точно в полевых условиях провести горизонтали, исключить камеральные вычислительные работы. К недостаткам

мензульной съемки относятся зависимость ее от состояния погоды, относительно низкая производительность труда, а также сравнительная громоздкость съемочного оборудования.

## 2. Приборы мензульной съемки

В мензульный комплект кроме мензулы и кипрегеля входит ориентир буссоль, центрировочная вилка с отвесом, две рейки.

Мензула состоит из трех основных частей: мензульной доски, подставки с установочными приспособлениями и штатив.



*Рис 46 мензульный комплект*

**Мензульная доска** служит для закрепления чертежного планшета и установления на ней кипрегеля. Доска изготавливается из сухого выдержанного дерева, пластмасс или легких сплавов в виде квадрата 600 \*600 мм. Планшет представляет собой лист алюминия или малодеформирующегося пластика, оклеенный плотной чертежной бумагой, на которой выполняют графические построения в процессе съемки. Его прикрепляют к доске мензулы медными гвоздями. Для защиты от загрязнений планшет покрывают калькой или тонкой бумагой («рубашкой»). Планшетом называют и мензульную доску с прикрепленной на ней жесткой основой, оклеенной чертежной бумагой.

С помощью **подставки** мензульная доска крепится к штативу. В настоящее время применяют два типа подставок: металлические и комбинированные. Металлическая подставка состоит из двух частей – верхней и нижней. Верхняя часть подставки представляет собой коробку, в выступах которой размещены винты, скрепляющие подставку с мензульной доской. Нижняя цилиндрическая часть коробки на три подъемных винта и имеет закрепительный и наводящий винты. Подъемные винты проводят через пружину.

**Кипрегель** – прибор, служащий для визирования на объекты местности, подлежащие съемке; прочерчивания прямых линий в направлении визирования; определения расстояний и превышений. Конструктивные особенности рассмотрим на примере КА – 2. Он имеет прямую зрительную трубу с внутренней фокусировкой. На стеклянном лимбе вертикального круга нанесены десятиминутные деления, оцифрованные через градус по ходу часовой стрелки, а также кривые номограмм, видимые в поле зрения трубы при положении КЛ, в число которых входят: начальная кривая  $H(3)$ , кривые превышений (4) с коэффициентами  $\pm 10, \pm 20, \pm 100$ , рассчитанные для углов наклона от  $+35$  до  $-35^\circ$ . Изображение делений вертикального круга видны на горизонтальной части Г-образной посеребренной полдоски (7), а номограммы кривых горизонтальных проложений и превышений – на вертикальной (2). При КЛ в поле зрения трубы кипрегеля КА -2, у края Г-образной пластинки, видны три коротких дальномерных штриха б, награвированных на склеенной поверхности призмы – сетки с коэффициентами дальномера, равными 100, 200. Для определения горизонтальных проложений правую грань Г-образной посеребренной полоски совмещают с изображением рейки (1) (визирование производится на высоту инструмента), отсчитывают число делений на рейке от начальной кривой до кривой (5) горизонтальных проложений  $s$  и умножают на коэффициент, равный 100.

### **3. Съёмка ситуации и рельефа**

Съёмка ситуации и рельефа проводится со всех точек съёмочного обоснования, а также со всех пунктов триангуляции и полигонометрии. Рельеф снимается одновременно со съёмкой ситуации. Съёмка характерных точек рельефа, контуров угодий и элементов ситуации ведётся как правило, полярным способом с определения расстояний и превышений от станции до пикетных точек при помощи номограммы кипрегеля. Метод выбора съёмочных точек тот же, что и при тахеометрической съёмке. Вместо измерения полярного угла в данном случае направление на снимаемую точку представлено скошенным краем линейки кипрегеля, вдоль которого откладывают горизонтальное расстояние до точки.

Для съёмки контура местности А,В,С,Д, (рис 49) надо линейку кипрегеля приложить к точке м станции на плане, навести трубу кипрегеля на рейку, установленную в точке А, определить по номограмме расстояние  $s$  и получить на плане точку а. Одновременно с расстоянием по номограмме определяют и превышение определяемой точки. Отметка пикетной точки а подписывается на плане. Аналогично производят съёмку точек В,С,Д и т.д.

На плане точки контура соединяют сплошной линией. Высоты определяют и подписывают на характерных точках и линиях рельефа: вершина, водоразделах, перегибах скатов, седловинах, тальвегах, разветвлениях, вершинах и устьях лощин, в котловинах, ямах, воронках и по краям их, у рек, ручьев на уровне воды(урезы), у подошв возвышенностей и т.д.

На каждой точке снимают и рисуют на оригинале планшета только ту часть рельефа и ситуации снимаемого участка, которая видна непосредственно с данной станции. (не более 250 – 300 м).

По нанесенным на планшет пикетным точкам выполняют интерполирование и проводят горизонтали. Эта работа ведется на месте стояния инструмента в поле. Проведенные горизонтали сличают с рельефом местности.

Если оригиналы топографической съемки не вычерчиваются в полевых условиях в туши, во избежание ошибок при камеральном вычерчивании планшетов мензуральной съемки составляют кальки высот и контуров. На кальку контуров наносят точки геодезической основы и съемочного обоснования, отдельные предметы и контуры ситуации, элементы рельефа, не изображающиеся в горизонталях (промоины, обрывы и др.). Вместо условных знаков можно писать названия угодий.

На кальку высот наносят опорные и съемочные точки с надписями их названий или номеров и высот, пикетные точки с отметками, особенности рельефа (орографические линии).

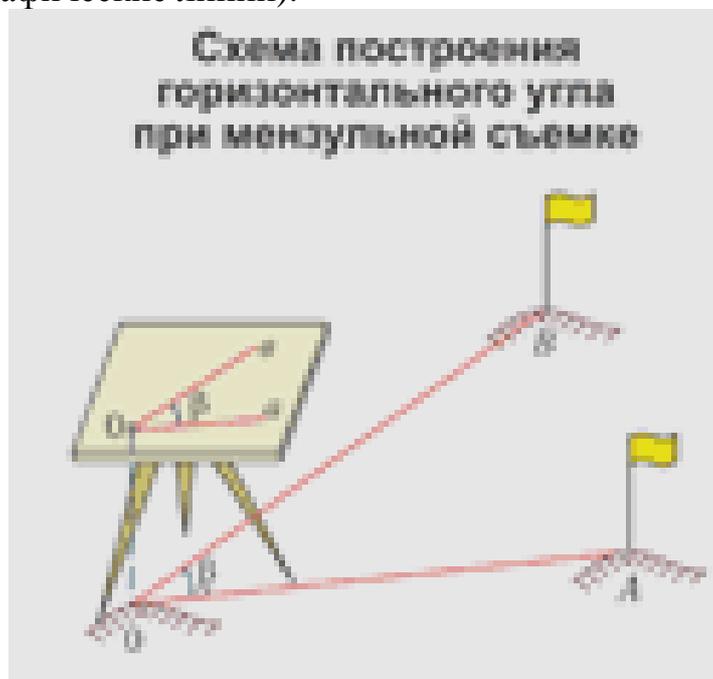


Рис 47 Построение горизонтального угла на мензуральной доске.

## **ЛЕКЦИЯ 14**

### **БУССОЛЬНАЯ СЪЕМКА.**

#### **1. Сущность буссольной съемки. Приборы и инструменты.**

Буссольную съемку применяют в географических исследованиях для получения планов малонаселенных и территорий лесных массивов. Ее называют полуинструментальной, так как для съемки применяют только ручные буссоли и землемерные ленты рулетки. Буссоли служат для измерения магнитных азимутов направлений на местные предметы. Удобно использовать для этого буссоли с усовершенствованной системой отсчета и приспособлением для визирования.

Буссоль Стефана снабжена для визирования двумя складными диоптрами (1) и (3), укрепленными на выступах алидады, имеющей диаметрально противоположные друг другу верньеры(4). Устройство прибора обеспечивает свободное вращение алидады с буссолью относительно лимба (5). На кольцевой поверхности корпуса буссоли нанесена шкала румбов (2). Прибор навинчивается на втулку (6). За втулку прибор держат в руке во время работы или надевают втулку на кол.

#### **2. Проведение съемки**

Для приведения буссоли в рабочее положение открепляют арретир и дают остановиться магнитной стрелки, затем совмещают ее с концами нулевой диаметр кольца румбов. Измерения удобно начинать с нулевого отсчета по лимбу, тогда процесс измерения сводится к визированию на местный предмет сквозь щель диоптра (3) нитью диоптра (1) и снятия отсчета по верньерам. Перед началом работ буссоль юстируют. Измерение длин линий производится землемерной лентой.

Буссольную съемку начинают с построения обоснования в виде буссольного полигона или хода, с точек которого производится съемка. В процессе рекогносцировки подлежащего съемке участка намечают точки полигона. Точки выбирают так, чтобы соединяющие их линии проходили приблизительно по границам снимаемого участка. Точки хода закрепляют колышками и вехами для обеспечения взаимной видимости концов линии.

Магнитные азимуты и длины линий полигона измеряют в прямом и обратном направлениях, результаты записывают в журнале. Одновременно с измерением линий азимутов с точек и линий полигона ведут съемку предметов. С точек полигона съемку производят способом азимутальных засечек, а с линий полигона (в процессе измерения длин линий) – способом перпендикуляров. При съемки составляют абрис со схематическим изображением местных предметов, с подписью измеренных расстояний и магнитных азимутов.

Для составления плана буссольной съемки наносят точки обоснования (точки полигона) по магнитным румбам и длинам линий в масштабе плана.



*Рис 48 Буссоль Стефана*

## ЛЕКЦИЯ 15

### Фототопографическая съемка местности

#### 1. Методы фототопографических работ

**Фототопография** – дисциплина, изучающая способы создания топографических карт и планов с использованием материалов фотосъемки. Фотографирование местности может быть выполнено или с самолета, или с точек земной поверхности. В связи с этим различают два вида фототопографических съемок – **аэрофототопографическую и наземную фототопографическую (или фототеодолитную)**.

**Аэрофототопографическая съемка** – это основная съемка государственного картографирования больших территорий. В отличие от мензуральной и наземной фототопографической съемки она наиболее полно отвечает современным высоким требованиям, предъявляемым к картографированию больших территорий. Аэрофототопографическая съемка кроме топографо – геодезического производства находит широкое применение при географических и гидрологических исследованиях, в геологии, при землеустроительных и лесоустроительных работах, в строительстве.

В комплекс работ составляющих аэрофототопографическую съемку, входят: аэрофотосъемка, топографо – геодезические и фотограмметрические работы. Область знаний, изучающая способы определения размеров, формы и пространственного расположения предмета по фотоснимкам, называется **фотограмметрией**.

Фотограмметрические методы измерения фотоснимков являются теоретической основой фототопографии.

**Наземная фототопографическая съемка (фототеодолитная)**– она применяется при картографировании небольших участков, главным образом горных районов, которые на наземных снимках изображаются лучше, чем на аэроснимках. Наземная съемка применяется также при изучении движения ледников, оползней, при съемке карьеров и для решения ряда инженерных задач.

По методам получения и обработки снимков местности и по характеру создаваемой продукции различают следующие виды съемок:

1. Комбинированная съемка
2. Стереотопографическая съемка.
3. Наземная фототопографическая съемка
4. Комбинированная аэрофототопографическая съемка

Комбинированная аэрофототопографическая съемка представляет собой сочетание фотограмметрической обработки одиночного аэроснимка с мензуральной съемкой. Контурную часть карты получают по аэроснимкам путем создания топографического фотоплана, а изображения рельефа местности наносится на фотоплан в результате измерений на местности.

Комбинированная съемка имеет значительное преимущество перед топографической съемкой, так как большой объем работ выполняется в камеральных условиях, а остальная часть приходящаяся на долю полевых работ, облегчается благодаря наличию фотоплана. Комбинированный метод применяется при съемки равнинных районов со слабо выраженным рельефом местности. Общая технологическая схема комбинированного способа аэрофототопографической съемки содержит ряд технологических процессов:

- 1)аэрофотосъемки;
- 2) плано – высотная привязка аэроснимков;
- 3)фотограмметрическое сгущение опорной сети;
- 4)изготовление фотоплана;
- 5)создание высотного съемочного обоснования и съемка рельефа на фотопланах;
- б) дешифрирование фотопланов

## **2. Аэрофотосъемка местности**

Она осуществляется с помощью специальных аэрофотоаппаратов (АФА) – полностью автоматизированных приборов.

Во время съемочного полета включенный через командный прибор АФА автоматически осуществляет полный аэрофотосъемочный цикл.

Аэросъемка участка местности производится по маршрутам, прокладываемым с запада на восток и обратно параллельно друг другу. Фотографирование местности осуществляется через определенные интервалы с таким расчетом, чтобы аэрофотоснимки в маршруте перекрывали друг друга. Тогда на каждом следующем аэрофотоснимке частично изображается площадь, полученная на предыдущем. Перекрытие двух смежных снимков в одном маршруте называется продольным перекрытием аэроснимков  $p_x$ , его значение по условиям дальнейшей обработки снимков должно быть не менее 60% от размера снимка. Расстояние между маршрутами устанавливается таким образом, чтобы между снимками соседних маршрутов тоже получалось перекрытие, называемое поперечным перекрытием снимков  $p_y$ , оно должно быть не менее 30 %.

Если аэрофотосъемка выполняется при отвесном положении оптической оси АФА или ее отклонение не превышает  $3^\circ$ , то такая съемка называется **плановой**, а аэрофотоснимки – **плановыми**. В настоящее время применяются гиросtabilизирующие установки для АФА, обеспечивающие отклонения оптической оси АФА от вертикали в пределах 15 – 30'. Аэрофотоснимки полученные АФА с гиросtabilизирующих установок, условно считают горизонтальными, они позволяют выполнять ряд измерительных работ с достаточной точностью.

Аэроснимок, используемый для создания топографической карты, представляет собой центральную проекцию местности, в которой лучи от точек местности проходят через одну точку  $S$  – центр проекции и в пересечении с картинной плоскостью в позитивном или негативном изображении образуют проекции точек местности. Если участок местности горизонтален и аэрофотосъемка производилась при отвесном положении оптической оси АФА, то изображение на аэрофотоснимке будет подобно местности, и следовательно совпадает с ортогональной проекцией – планом. В этом случае масштаб изображения местности на аэроснимке будет постоянен для всех частей аэроснимка и равен отношению **фокусного расстояния аэрофотокамеры  $f_h$**  к высоте фотографирования, т.е.  $1/m = f/H$ . Масштаб перспективного снимка, полученного при значительном угле наклона оптической оси, заметно меняется в пределах аэроснимка. Удаленные линии местности имеют на аэроснимке более мелкий масштаб, чем линии, расположенные ближе к центру проектирования  $S$ . На плановом снимке, так же как и на перспективном, масштаб не постоянен, так как фотографируемые участки местности из – за неровностей земной поверхности и из – за угла наклона снимка в момент аэрофотосъемки изобразятся искаженно, т.е. точки аэроснимка получатся смещенными за счет влияния рельефа местности и угла наклона

аэроснимка. Изображение местности на таких аэроснимках не подобно ортогональной проекции соответствующего участка местности не являются планом местности.

Для того чтобы использовать плановые аэрофотоснимки для создания топографических карт, необходимо устранить на аэрофотоснимках искажения точек вызванные углом наклона оптической оси т.е, преобразовать наклонные аэроснимки в горизонтальные. Одним из способов устранения искажений планового аэрофотоснимка является **трансформирование аэрофотоснимков. Задача трансформирования** – исключить влияние угла наклона аэроснимка и привести все снимки к масштабу составляемого плана. **Трансформирование** аэроснимков может выполняться различными способами: графическим, фотомеханическим и оптико – графическим.

### **3. Планово высотная привязка аэроснимков**

Она заключается в определении координат и высот опознаков, необходимых для создания топографической карты.

Плановый опознак – это контурная точка, выбранная на местности и опознанная на аэрофотоснимке, для которой в результате геодезических измерений определены плановые координаты X и Y. Процесс определения плановых координат называется плановой привязкой аэроснимков.

Для создания высотной части карты по аэроснимкам на них должны быть точки с известными высотными отметками. Определение высот этих точек – высотных опознаков – и опознание их на аэрофотоснимках называется высотной привязкой аэрофотоснимков

### **4. Монтаж фотопланов**

Он заключается в последовательном соединении трансформированных аэроснимков по трансформационным точкам на одну общую основу в пределах трапеции соответствующего масштаба. Фотопланы монтируют на плотной основе (фанера или алюминий), на которой нанесены координатная сетка, рамка и все опорные точки. Трансформационные точки и центры аэроснимков пробивают специальным приспособлением – пуансоном. Снимки укладывают помаршрутно на планшет, совмещая центры пробитых отверстий с соответствующими точками на планшете. Отклонение не должно превышать 0.4 мм. Одновременно проверяют сходимость контуров в зоне продольного перекрытия, отклонения допускаются до 0.7 мм

Смонтированные снимки прижимают грузиками и разрезают аэроснимки вдоль продольных и поперечных перекрытий. Затем снимки окончательно приклеивают на основу и выполняют графическое оформление фотоплана.

## ЛЕКЦИЯ 16 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТ ТОЧЕК НА МЕСТНОСТИ

### 1. Методы определения высот

Определение отметок высот точек местности сводится к установлению превышений  $h$  между исходной (начальной) точкой и определяемыми. Совокупность измерительных действий по определению высотных характеристик элементов изучаемой местности называется нивелированием. Различают несколько видов нивелирования: а) геометрическое; 2) тригонометрическое; в) физическое (барометрическое, гидростатическое, механическое и аэрорадионивелирование).

### 2. Геометрическое нивелирование

Суть геометрического нивелирования заключается в измерении расстояний от некоторой уровенной поверхности Земли. Так как ограниченные участки уровенной поверхности принимаются за горизонтальную плоскость, то систему таких уровенных поверхностей можно схематически представить в виде горизонтальных параллельных прямых (рис 50), а превышение  $h$  – перпендикулярным к ним отрезкам. Значение  $h$  определяется как разность отрезков  $a$  и  $b$ , т.е. расстояний от точек  $A$  и  $B$  физической поверхности земли до условной уровенной поверхности, проходящей над этими точками.

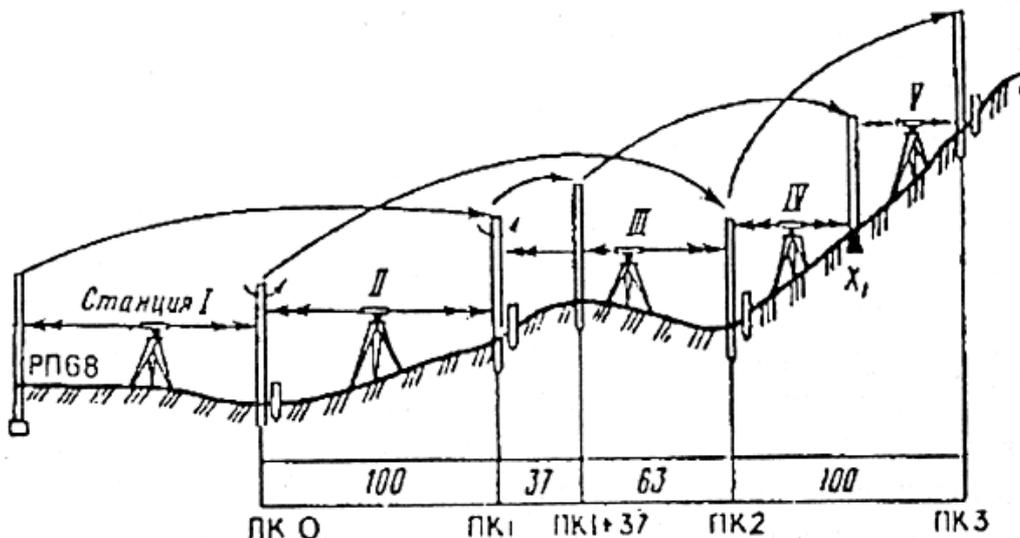


Рис 49. Принципиальная схема нивелирования

На практике положение условной уровенной поверхности задается горизонтальным лучом визирования прибора – нивелира, а длина отрезков  $a$  и  $b$  определяется с помощью реек, устанавливаемых вертикально в точках  $A$  и  $B$  (рис 54). Чтобы получить длину  $a$  и  $b$ , нивелир устанавливают посередине между точками  $A$  и  $B$ , и направляют зрительную трубу вначале на рейку точки  $A$ , затем на рейку точки  $B$ . Визирный луч отсекает

на рейках отрезки, величина которых равна отсчету, взятому по средней горизонтальной нити сетки. Принято точку В, превышение которой определяется, называть передней, а точку А, относительно которой определяется  $h$ , задней. Соответственно называют и рейки, стоящие на точках. Поэтому формула превышения  $h = a - b$  читается так: превышение между двумя точками равно отсчету на заднюю рейку минус отсчет на переднюю рейку.

В зависимости от высотного положения точки В по отношению к точке А превышение может быть положительным, если  $a > b$ , и отрицательное, когда  $a < b$ .

Рассмотренный способ определения превышения называется нивелированием из середины. В этом случае высота точки В ( $H_B$ ) при известной высоте точки А ( $H_A$ ) вычисляется по формуле

$$H_B = H_A + h \quad (26)$$

Превышение между двумя точками можно определить, если поставить нивелир на одной из точек, например точке А (рис ...), взять отсчет по рейке установленной на точке В (этот способ называется нивелирование вперед). Тогда вместо величины  $a$  определяют высоту прибора  $i$ , а  $h = i - b$ . Высота определяемой точки при этом выразится формулой

$$H_B = H_A + i - b, \quad (27)$$

Где сумма  $H_A + i$  называется горизонтом прибора  $\Gamma\Pi$ , поэтому  $H_B = \Gamma\Pi - b$ .

На точность определения превышений по рейке влияют кривизна Земли и рефракция. Рассмотрим это влияние на примере геометрического нивелирования способом вперед (рис 53). Визирный луч нивелира распространяется вдоль прямой MN, касательно к уровенной поверхности MN' в этой точке. Величина отклонения визирного луча от уровенной поверхности можно вычислить по формуле.

$$NN' = k = l^2 \sqrt{2R}, \quad (28)$$

где  $R$  – средний радиус Земли, а  $l$  – расстояние АВ.

Влияние рефракции проявляется в том, что проходя через атмосферу, визирный луч приобретает вид некоторой кривой MN'', обращенный в дневное время выпуклостью вверх. Величину отклонения визирного луча за счет рефракции вычисляют по приближенной формуле

$$NN'' = r = l^2 \sqrt{2R_1} \quad (29)$$

где  $R_1$  – радиус рефракционной кривой.

На практике вычисляют общее отклонение визирного луча

$$f = k - r = 0,43 l^2 \sqrt{2R}, \quad (30)$$

При необходимости величину отклонения учитывают в процессе нивелирования – вводят в результаты измерений поправку за кривизну Земли и рефракцию.

Нивелирование из середины (рис 54) имеет преимущество перед нивелированием вперед. Во – первых, увеличивается расстояние между пикетами. Во-вторых, компенсируются погрешности отсчетов, возникающих за счет возможного отклонения визирной оси нивелира от горизонтального положения.

## 2. Приборы и принадлежности геометрического нивелирования

В нивелирный комплект входят: нивелир той или иной конструкции, штатив к нему, две нивелирные рейки и нивелирные башмаки.

Нивелир любой конструкции состоит из трех основных частей (рис. 52): зрительной трубы, снабженной сетью нитей для снятия отсчетов по рейке, устройство 2,



Рис 50 Нивелирные рейки и установка их на станциях нивелирного хода.



*Рис 51 Нивелир Sokkia SDL\_2*

обеспечивающего горизонтальное положение линии визирования, и подставки 3 с приспособлением для приведения прибора в рабочее положение. Нивелир вращается только в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси. Применяемые в настоящее время нивелиры делятся на 2 группы: 1) нивелиры с цилиндрическими уровнями (уровенные нивелиры); 2) нивелиры с компенсаторами;

Нивелирные рейки изготавливаются из выдержанных, специально обработанных еловых или сосновых брусков. Деления на рейках нанесены в виде сантиметровых шашечек, оцифрованных через дециметр. Рейки как правило трех метровые двух сторонние: основная шкала черная (1), дополнительная - красная(2). Ноль черной стороны рейки совпадает с окованным ее концом - пяткой. При нивелировании рейки устанавливаются на колья, металлические костыли или башмаки.

### **3. Производство геометрического нивелирования**

Нивелирование называется простым, если превышение между двумя точками местности определяется с одной станции. Станцией называют место постановки нивелира в процессе измерения. Нивелирование между значительно удаленными или расположенными на склоне точками проводят с нескольких станций, образующих нивелирный ход (рис 59 б). Такое нивелирование называется сложным или последовательным. Точки общие для двух смежных станций, называются связующими. В ходе АВ превышение между связующими точками по отсчетам на задние  $a_i$  и передние  $b_i$  рейки будут получены по формуле

$$\sum h_i = \sum a_i - \sum b_i \quad (31)$$

Т.е сумма превышений хода равна разности сумм отсчетов по задней и передней рейке. Отметку конечной точки В хода вычисляют по формуле

$$H_B = H_A + \sum h_i = H_A + h_{AB}. \quad (32)$$

Нивелирные ходы могут быть замкнутыми и разомкнутыми. Разновидностью замкнутого нивелирного хода является ход, выполненный в прямом и обратном направлениях по одной и той же линии нивелирования. При отсутствии погрешностей измерений превышения по прямому и обратному ходу должны быть равны по абсолютной величине и обратному знаку.

Нивелирование на станции выполняют в следующем порядке. Рейки устанавливают на точках. Расстояние между которыми 100 – 200 м. (на равнинной местности). Посередине между рейками устанавливают нивелир и приводят его в рабочее положение. Отсчеты по рейкам берут в следующем порядке: 1) по черной стороне задней рейки; по черной стороне передней рейки; 3) по красной стороне задней рейки; Отсчеты записывают в журнал геометрического нивелирования (таблица 7)

Таблица 7

№ станции	Отсчеты		Превышение h	h <sub>ср</sub>
	З	П		
Rp103	1187 (1)	0343 (2)	<b>+844 (5)</b>	
1				+ 844 (10)
x	5970 (4)	5026 (3)	+ 944 (6)	
	4783(7)	4683(8)	+ 100 (9)	

Все подсчеты в журнале производят, не снимая нивелира со станции. А реек с пикетов. Порядок вычислений следующий: а) вычисляют превышения (5) = (1) – (2) и (6) = (4) – (3). Разность (5) – (6) = ±100 ± 3 (мм) в соответствии с правилом подбора пары реек, по которому отсчеты, начинающиеся с красной стороны пары реек, различаются на 100 мм. Затем вычисляют значение начальных отсчетов красных сторон реек: (7) = (4) – (1) и (8) = (3) – (2). Действие (9) является контролем по методу сумм: (9) = (6) – (5) = (7) – (8). Окончательный результат h<sub>ср</sub> получают по формуле:

$$h_{ср} = \frac{(5) + (6)}{2} = \frac{h_ч + h_к}{2} \quad (26)$$

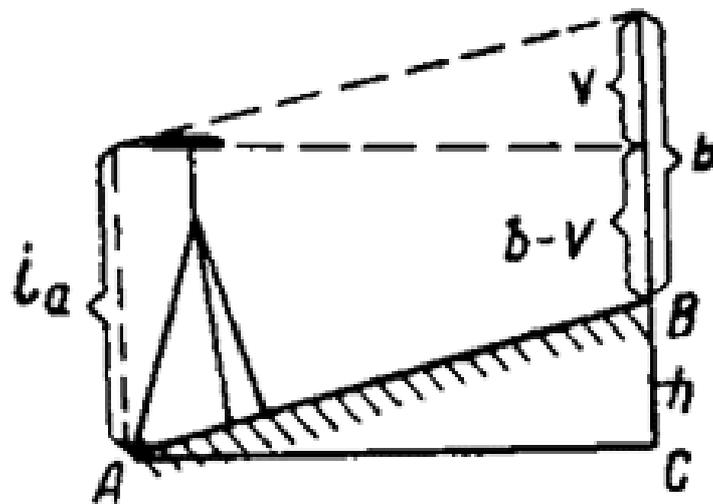
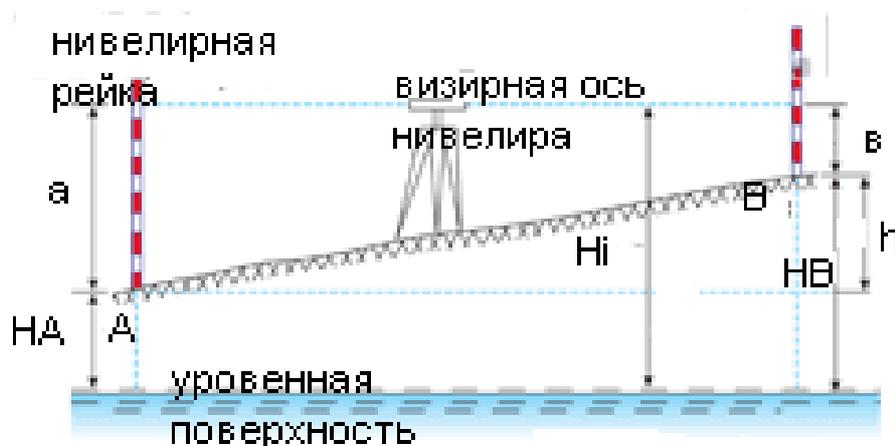


Рис 52 Способ нивелирования вперед

## нивелирование из середины



$$h = a - b$$

$$HB = HA + h$$

$$HB = HA + a - b$$

$$Hi = HA + a$$

$$HB = Hi - b$$

$h$  - превышение

$HA$  - высота известной точки

$HB$  - высота искомой точки

$Hi$  - высота прибора

$a$  - отсчет по задней рейке

$b$  - отсчет по передней рейке

*Рис 53 Нивелирование из середины*

## ЛЕКЦИЯ 17

### ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОЕ, БАРОМЕТРИЧЕСКОЕ И ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О АЭРОРАДИОНИВЕЛИРОВАНИИ

#### 1. Тригонометрическое нивелирование

Тригонометрическое нивелирование заключается в вычислении превышения между точками местности на основании решения треугольника (рис 54), катеты которого образованы отрезками уровенной поверхности точки А и отвесной линии, проходящей через точку В. а гипотенуза - линия ската АВ. В процессе тригонометрического

нивелирования на местности измеряются расстояния между точками А и В (S) и угол наклона  $\nu$ . Расстояние измеряется землемерной лентой или дальномером. Угол наклона  $\nu' = \nu$  измеряют геодезическим прибором, визирная ось которого может принимать наклонное положение. Прибор должен быть также снабжен угломерным устройством с начальной линией отсчета, принимающий горизонтальное положение (параллельное отрезку АВ уральной поверхности). Таким устройством является вертикальный круг теодолита и других приборов, предназначенных для определения углов наклона.

Принято превышение вычислять по формуле

$$h = s \operatorname{tg} \nu \quad (27)$$

если расстояние измерено землемерной лентой. Если же расстояние измерено нитяным дальномером, то формула приобретает следующий вид:

$$h = 1/2 S' \sin 2 \nu \quad (28)$$

По отношению к линии горизонта углы наклона могут быть положительными и отрицательными. Рассмотрим принцип измерения вертикального угла теодолитом. Вертикальный круг 6 теодолита (рис 54) сопряжен с визирной трубой 1 на горизонтальной оси вращения 2. Положение алидады 4 фиксируется прикрепленным к ней цилиндрическим уровнем 5. Перед взятием отсчета по вертикальному кругу пузырек уровня должен быть приведен на середину с помощью наводящего устройства 3. Для измерения угла  $\nu$  визируют на заднюю точку и берут отсчеты КП и КЛ при двух положениях вертикального круга. При вращении зрительной трубы вместе с ней вращается вертикальный круг, а алидада с уровнем остается неподвижной. Угол  $\nu$  вычисляют по формуле  $\nu = (КП - КЛ) / 2$ .

При проведении натурных работ превышение между точками вычисляют по формуле (s расстояние измеренное землемерной лентой):

$$h = s \operatorname{tg} \nu + I - \nu + f, \quad (29)$$

Если же расстояние измерено с помощью оптического дальномера то формула примет следующий вид:

$$h = 1/2 S' \sin 2 \nu + I - \nu + f \quad (30)$$

Если при измерении угла наклона визируют на метку на рейке, закрепленную на высоте прибора ( $V = i$ ) то формулы примут вид:  $h = s \operatorname{tg} \nu + f$ ,  $h = S' \sin \nu + f$  (f – величина поправки за кривизну Земли).



Рис 54 Схема тригонометрического нивелирования

## 2. Барометрическое нивелирование

Для определения высот точек местности в процессе географических исследований, а также для съемки рельефа в горной и высокогорной местности может быть использовано **барометрическое нивелирование**.

Задачей барометрического нивелирования является определение разности высот двух точек по результатам одновременного измерения атмосферного давления в двух точках. Атмосферное давление в каждой точке местности зависит от высоты над уровнем моря и метеорологических условий в момент измерений. Эта зависимость выражается полной барометрической формулой, учитывающей атмосферное давление, температуру и влажность воздуха, а также ускорение свободного падения, зависящее от широты места наблюдений. Полная барометрическая формула трудоемка для вычисления. В практике используют специальные таблицы и тогда расчет превышения сводится к вычислению по более простой формуле:

$$h = (B_1 - B_2) \Delta h \quad (31)$$

где  $\Delta h$  — барическая ступень высот (расстояние по вертикали в метрах, на котором атмосферное давление меняется на 1 мм РТ. Ст),  $B_1 - B_2$  — давление в точках 1 и 2.

### 3. Аэрорадионивелирование

Определение высот точек земной поверхности с помощью летательных аппаратов называют аэрорадионивелированием. При аэрорадионивелировании превышение  $h$  между точками местности устанавливают по результатам измерений высот полета  $A_0$  и  $A_i$  над опорной и определяемыми точками радиовысотомером или лазерным высотомером и по колебаниям линии полета относительно исходной уровенной поверхности, полученным **дифференциальными барометрами – статоскопами**. За исходную принимают изобарическую поверхность (поверхность равного изобарического давления). В реальной атмосфере при ветре и при достаточно больших расстояниях такая поверхность не обладает устойчивостью, поэтому при определении превышений необходимо учитывать наклон изобарической поверхности к горизонту. Превышение определяемой точки над опорной будет равно:

$$H_i = A_0 - A_i + \delta A_i + \sigma_i \quad (32)$$

где  $A_0$  и  $A_i$  – высоты полета над исходной и определяемой поверхностью,  $\delta A_i$  – изменение высоты полета относительно изобарической поверхности,  $\sigma_i$  – поправка за наклон изобарической поверхности к горизонту. Отметки определяемых точек будут равны  $H_i = H_0 + h_i$ , где  $H_0$  – абсолютная отметка исходной точки

#### Гидростатическое нивелирование

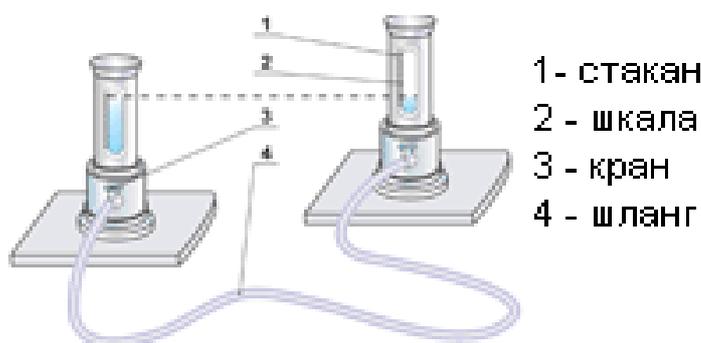


Рис 55 Гидростатический нивелир

## ЛЕКЦИЯ 18

### Геодезические работы в лесном хозяйстве.

#### 1. Основные положения и нормативы при проведении съемочных работ

Задачи съемочно – геодезических работ следующие: установление в натуре и отображение на оригиналах лесоустроительных планшетов границ лесного массива, закрепленного за лесным предприятием, лесных и нелесных площадей с составляющими их участками, а также объектов

относящихся к лесной ситуации (дорог, просек, противопожарных разрывов, линий электропередач и связи, питомников, постоянных лесных складов, карьеров, мелиоративных канав и т.д.) определение количественных и качественных величин снимаемых объектов. При повторном лесоустройстве, кроме того восстанавливают хозяйственные границы лесничеств и лесхозов, лесосырьевых баз, хозяйственных частей и особо ценных выделов.

Карты и планы, как итоговые материалы геодезических и топографических работ, (топографические, лесные, землепользовании) используют при лесохозяйственном проектировании для расчетов, связанных с такими мероприятиями, как организация предприятий (лесхозов, леспромхозов и др.), разделение массивов на лесничества, кварталы и другие хозяйственные единицы..

Лесоустроительные планшеты используют для: выделение лесосек и гидромелиоративного фонда, осуществление мер по лесовосстановлению, реконструкции насаждений, защите и противопожарной охране леса, использованию нелесных площадей, размещение производственных предприятий, дорог, жилых поселков, зон отдыха и туризма.

Съемке предшествуют сбор геодезических и картографических материалов. Их получают:

- в лесхозах, леспромхозах, и других лесных предприятиях (материалы прошлых съемок и лесоустройства – ведомости координат, геодезические журналы, съемки окружных границ и планшетных рамок, данные аэрофотосъемки, лесоустроительные планшеты, планы лесонасаждений и схемы лесхозов);

- в районных и областных органах землеустройства (выкопировки с планов землепользований границ смежных с лесным массивом хозяйств; выписки из каталогов координат межевых знаков и других геодезических пунктов;

- в территориальных органах геодезического надзора ГУГК (топографические карты, выписки из каталогов координат пунктов государственной геодезической сети; топографические материалы других ведомств

- на предприятиях гражданской авиации (аэрофильмы, контактные отпечатки с них, репродукции накидного монтажа и др.)

После тщательного анализа материалов и проверки фактического состояния границ в натуре устанавливают объемы полевых работ, принимают решение об их организации. Новую съемку проводят только там, где нет материалов прежних съемок; ее выполняют по согласованию со старшим землеустроителем. При частичном изменении межевых границ

и отсутствии геоданных на них, но при наличии аэрофотоснимков положение новой границы наносят на планшет по снимкам, без выполнения геодезических работ в натуре. Границы проходящие по естественным рубежам, переносят на планшеты с топографических карт и аэрофотоснимков.

## **2. Проведение работ по выносу проекта в натуру**

Подготовку данных для выноса в натуру (на местность) проектов инженерных сооружений выполняют на основе генеральных планов или законченных эскизных чертежей, обоснованных в хозяйственном и юридическом отношении. Для определения положения объекта на местности и разбивки его осей в плане определяют горизонтальные элементы проекта — горизонтальные углы и расстояния; для размещения объекта по высоте — превышения и уклоны. В зависимости от необходимой точности данные для выноса проекта в натуру готовят графическим, аналитическим и графоаналитическим способами.

При графическом способе подготовки данных (например, для выноса в натуру лесосеки) расстояния и углы измеряют на плане (лесостроительном планшете) при помощи чертежных, инструментов; при аналитическом — элементы проекта вычисляют по координатам. Наиболее распространен графоаналитический способ: координаты проектных точек измеряют на плане, а координаты точек геодезической основы берут из ведомостей и каталогов координат. По ним вычисляют расстояния и направления.

Результаты подготовки данных отображают на разбивочном (рабочем) чертеже схеме объекта с числовыми величинами, определяющими его плановое положение и размещение основных точек и осей. При проектировании лесопарков (парков) кроме разбивочных составляют посадочные чертежи, по которым определяют места посадки деревьев и кустарников. На разбивочный чертеж наносят: проектные границы, другие линии и точки; подписи величины углов и расстояний, которые нужно построить (отложить) в натуре; геодезические пункты или контурные точки, от которых намечен вынос проекта; нумерацию деталей объекта.

Несмотря на разнообразие объектов лесохозяйственного проектирования, методика подготовки данных для их переноса на местность одинакова. Ознакомимся с основными ее положениями на примере подготовки данных для выноса в натуру квартальной сети. Ее проект разрабатывают обычно при первичном лесоустройстве по топографическим картам или фотопланам (фотосхемам).

На карту или фотоплан (рис. 56) наносят магистральные и квартальные просеки. Данные для выноса просек в натуру обычно готовят

графическим способом, принимая за исходные пункты контурные точки карты или аэрофотоснимков. Но в ряде случаев для выноса магистралей, разбивки строительных площадок, сооружений в лесопарках применяют графоаналитический способ проектирования. Тогда исходными служат пункты государственной геодезической сети или межевые знаки, при их отсутствии — точки специально прокладываемых теодолитных ходов. Виды данных определяют в зависимости от возможности применения того или иного способа разбивочных работ. Если между исходным и выносимым в натуру пунктом местность удобна для измерений лентой ЛЗ, готовят данные для выноса способом полярных координат. Например, для выноса точки Ю от геодезического пункта А или какой-либо другой хорошо опознаваемой на местности и на карте (аэрофотоснимке) точки измеряют по карте полярный угол  $\beta_1$  и расстояние  $S$ .

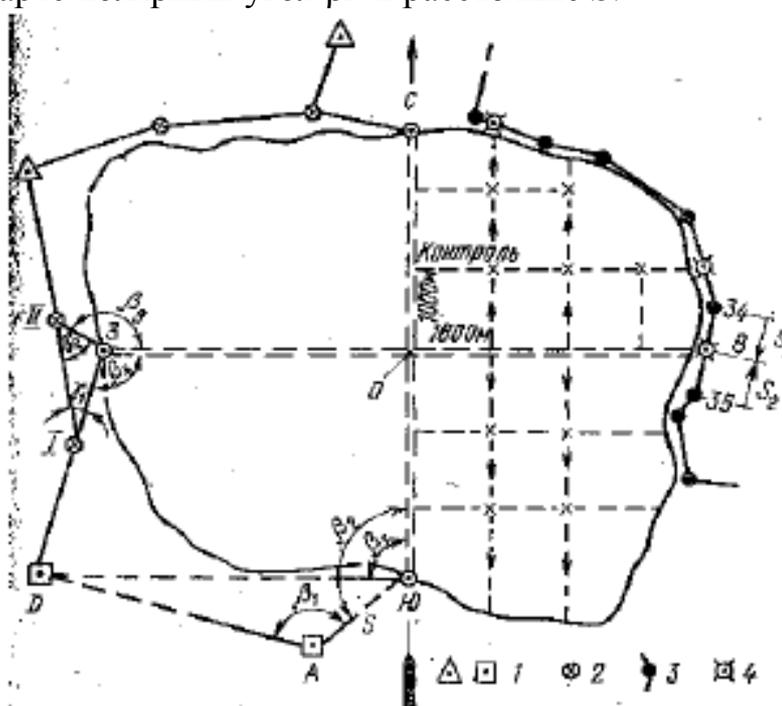


Рис 56 Проект разделения лесного массива на кварталы

Чтобы задать направление просеки ЮС, в точке Ю карты измеряют угол  $\beta_2$  и для контроля  $\beta_3$ . При наличии препятствий для непосредственного измерения расстояний между исходной и выносимой точками готовят данные для работы способом угловых засечек. Например, для выноса точки Р измеряют углы  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  между линией теодолитного хода I—II и направлениями на точку З. Направление прорубки просеки З — В задают углами  $\beta_4$  и  $\beta_5$ . По условиям взаимного размещения исходных пунктов и точки В последнюю выносят в натуру промерами отрезков  $S_1$  и  $S_2$  по створу 34—35. На этом створе целесообразно

запроектировать положение точки В. Помимо рассмотренных, готовят данные для выноса точек линейными засечками, способом прямоугольных координат, створов, проектных теодолитных или буссольных ходов.

На карте (фотоплане) углы измеряют геодезическим транспортиром, снимая отсчеты с точностью до 10'. Предварительно стороны угла продолжают, чтобы они были несколько длиннее радиуса внешней окружности транспортира. Результаты измерения контролируют, составляя замкнутые полигоны. Например, правильность измерения углов в точках А, Ю, З может быть проверена, если подсчитать сумму внутренних углов полигона АДИЗОЮ,) и принять во внимание, что углы Д и О — точные. Первый вычислен по разности дирекционных углов направлений DA и DI, а второй равен 90°. Невязка суммы углов полигона должна быть не больше  $\pm 0,5^\circ \sqrt{n}$ , где n — число углов, измеренных транспортиром. Только в эти углы (в данном случае  $\beta_1, I, \beta_4$  и  $\beta_2$ ) вводят поправки.

Аналитическим способом углы находят как разность дирекционных углов двух смежных направлений, например  $\beta_1 = \alpha_{АЮ} - \alpha_{AD}$ . Для определения  $\alpha_{АЮ}$  находят сначала

$$\tan \tau_{AD} = \frac{Y_D - Y_A}{X_D + X_A} = \frac{\Delta Y}{\Delta X} \quad (33)$$

а затем, учитывая знаки приращений координат  $\Delta y$  и  $\Delta x$ , вычисляют дирекционный угол. Дирекционный угол направления AD находят в каталоге (ведомости вычисления) координат геодезических пунктов.

Расстояния на карте (фотоплане) измеряют с использованием поперечного масштаба. Расхождение в длине линии, полученной из основных и контрольных измерений, не должно превышать  $0,7 \text{ мм} \cdot M$ , где M — знаменатель масштаба карты (фотоплана). Аналитическим способом расстояние определяют, например, между точками А и Ю, решая обратную задачу:

$$S_{AD} = \frac{\Delta X}{\cos \tau} = \frac{\Delta Y}{\sin \tau} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} \quad (34)$$

В измеренное по карте или вычисленное аналитически расстояние вводят поправку за угол наклона в которой  $h$  — превышение между концами линии, установленное по горизонталям карты. Эта поправка всегда положительна. При подготовке данных по фотоплану, по которому превышение  $h$  определить невозможно, углы наклона более  $4^\circ$  (а при подготовке данных для разбивки строительных площадок более  $1^\circ$ ) измеряют теодолитом непосредственно при полевой работе. Тогда поправку вычисляют по (25).

Поправку за компарирование землемерной ленты в измеряемое расстояние S рассчитывают по формуле

$$\Delta D_k = \frac{l_0 - l}{l_0} \times S \quad (35)$$

где  $l_0, l$  — номинальная (например, 20 м) и фактическая длина ленты.

Поправку за температуру вводят во время полевых работ, если разность температур во время компарирования  $t_{\text{комп}}$  и при работе лентой  $t_{\text{раб}}$  составляет более  $8^\circ\text{C}$ . Ее вычисляют по формуле

$$\Delta D = \alpha S (t_{\text{комп}} - t_{\text{раб}}), \quad (36)$$

где  $\alpha$  — коэффициент расширения стали (0,000012).

Поправку вводят со знаком плюс, если температура во время работы ниже, чем при компарировании, и наоборот. Подготовка данных для выноса в натуру лесосеки после проектирования ее площади также состоит в определении по лесоустроительному планшету преимущественно графическим способом угловых и линейных величин, необходимых для закрепления на местности углов лесосеки столбами и прорубки ее границ.

### 3. Способы и элементы геодезических разбивочных работ

#### 3.1. Способы разбивочных работ.

В отличие от съемки местности разбивка сооружений представляет собой построение горизонтальных углов и линейных отрезков, величины которых определены техническим проектом. Ее ведут теми же способами, что и съемку, но с учетом некоторых особенностей.

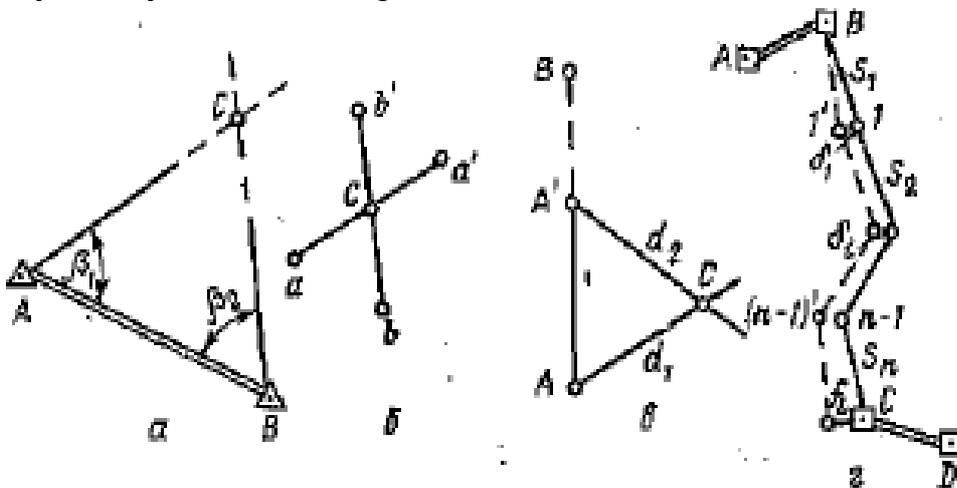


Рис 57 Вынос проектной точки разными способами

При способе угловых засечек (рис. 57, а) проектную точку  $C$  выносят на местность построением проектных углов  $\beta_1$  и  $\beta_2$  при базе  $AB$ . Чтобы закрепить точку  $C$  на местности, в предполагаемом районе ее размещения (рис. 57,б) на каждом направлении выставляют пару вех ( $a, a'$  и  $b, b'$ ) и натягивают между ними проволоки. В месте их пересечения забивают кол, обозначая точку  $C$ .

При способе линейных засечек (рис. 57, в) работают сразу двумя лентами (рулетками), находя проектную точку С в пересечении отсчетов d1 и d на лентах.

Способом проектного полигона (рис. 57,г), схожим со способом обхода при съемке, выносят в натуру канавы, дороги, противопожарные барьеры, лесные полосы, границы лесосек ломаной формы. Он состоит в последовательном определении поворотных точек полярным способом. Разбиваемые точки включают в теодолитный (буссольный) ход. В отличие от съемки ход уравнивают не на плане, а в натуре, перемещая зафиксированные точки параллельно невязке fL и пропорционально длине по направлениям, обратным направлению невязки. Величину смещения вычисляют по формуле

$$\delta_i = \frac{f_i}{L} \sum_{k=1}^i S_k \delta \quad (37)$$

$$\delta = \Sigma \delta_i,$$

где L — периметр хода;  $\Sigma S$  — сумма сторон хода от начальной до данной точки.

### 5.2. Элементы разбивочных работ.

Горизонтальные элементы проекта выносят в натуру построением горизонтальных углов и линий заданной величины, вертикальные — построением точек с заданными отметками и линий (плоскостей) с заданными уклонами.

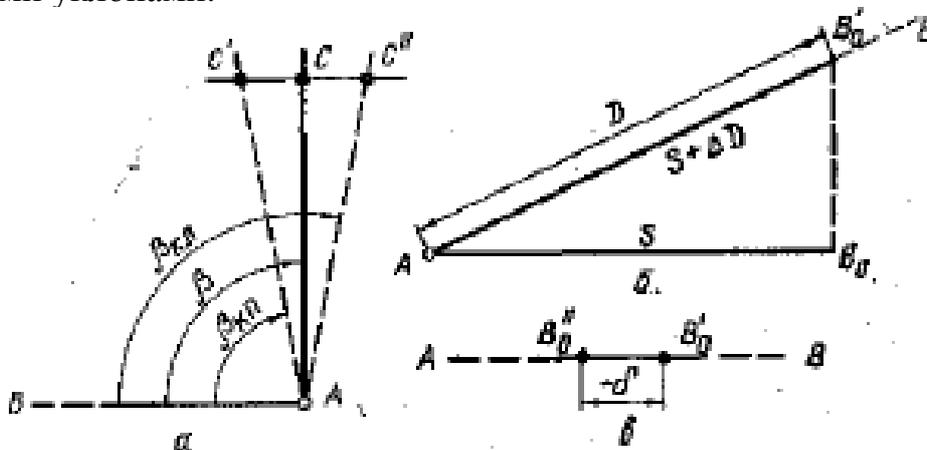


Рис 58 Вынос в натуру проектных углов и линий

Угол заданной, величины  $\beta$  (рис. 58, а) в точке А от направления АВ строят теодолитом в определенной последовательности.

Визируют на точку В при круге право, имея на горизонтальном круге отсчет  $0^{\circ}00'$ . Алидаду открепляют и поворачивают так, чтобы на круге был отсчет, равный проектному углу. В направлении линии визирования выставляют вежу или шпильку С', фиксирующую угол





Чтобы проверить правильность выноса в натуру линии АВ', теодолитом измеряют углы  $\gamma$  и  $\beta$ . Расхождения между измеренным и вычисленным значением любого угла зависят от расстояния между исходной и определяемой точками, а также от способа подготовки данных. Если расстояние на плане 200 мм, расхождение может достигнуть  $\pm 20'$  при графоаналитическом способе подготовки данных и  $\pm 30'$  при графическом. Если оно больше, ошибки следует искать в ранее выполненных построениях.

Положение точки В находят, отложив сторону АВ, а также выполнив контрольное измерение отрезка ВВ'. Точки С и D находят угловыми и линейными построениями по рассмотренной выше методике. Правильность разбивки участка (сооружения) контролируют промерами его диагоналей.

Среднее из измерений одной диагонали должно отличаться от ее вычисленного, (проектного) значения не более чем на  $1 : 2\ 000$  длины диагонали.

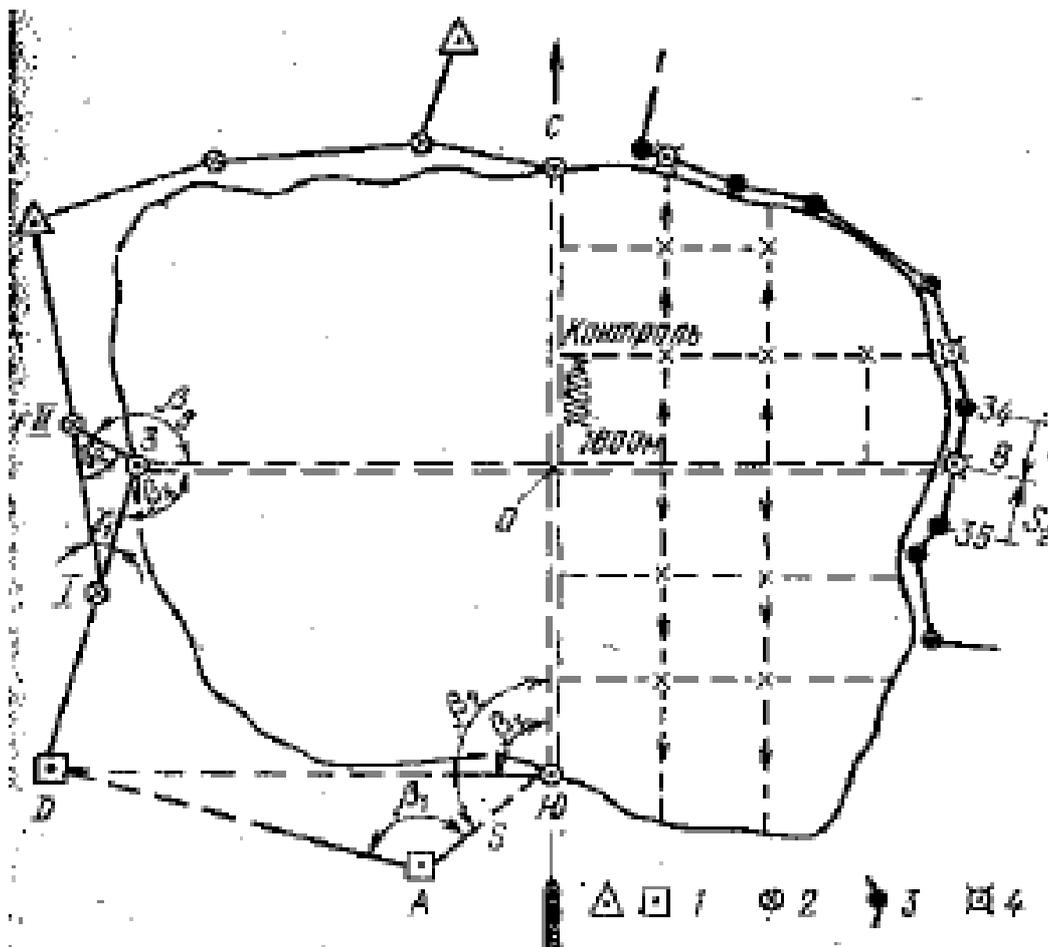


Рис 61 Вынос в натуру квартальной сети.

Вынос в натуру квартальной сети начинают с определения на границе массива точек, на пример Ю и З (см. рис. 61), выбранных для прорубки магистралей. Применяют те же приемы, что и при выносе в натуру углов сооружений (участков). Направление просеки находят на стороне угла  $\beta_2$ , выставив на ней веху. Правильность ее установки контролируют, отложив угол  $\rho_3$ . Если между заданными направлениями расхождение не выходит за пределы, соответствующие точности подготовки данных, за окончательное направление берут среднее. В процессе прорубки просеки тщательно контролируют выдерживание направления при помощи теодолита. Отклонение конца магистральной просеки от проектного положения при графическом способе подготовки данных по картам масштабов 1:10 000 — 1:50 000 может составлять соответственно 10—50 м, при графоаналитическом (с привязкой к геодезическим пунктам) 4—20 м.

Вершины квартальных просек находят на магистралях в процессе промера ходовых линий, а направление их прорубки задают построением прямых углов от осей магистралей. Сначала прорубают просеки, параллельные короткой стороне магистрали. Точность выдерживания направления рубки оценивают по отклонению концов просек от ориентиров на окружной меже. После этого в натуру выносят перпендикулярные им просеки и контролируют положение их вершин. При длине квартальных просек 1 км допустимое отклонение положения вершины от проектного 1,5—3 м, а при 4 км — 6—12 м.

Вынос в натуру лесосеки сводится к определению и закреплению на местности ее углов и прорубке визиров между ними. Опорными точками и линиями служат квартальные столбы и просеки, к которым обычно привязывают лесосеку. Чтобы закрепить на местности положение лесосеки АСМ (см. рис. 61, в), от квартального столба В откладывают на просеке ВС отрезок ВМ; точность контролируют промером расстояния МС. Допустимое расхождение между проектной и отложенной величинами 1:300. Точку М закрепляют визирным столбом. В точке А теодолитом или буссолью строят проектный угол  $\alpha_2$ , задавая направление визира АМ. Прямолинейность визира контролируют способами, рассмотренными выше. При правильной работе он должен пройти через столб М. Если этого не случится, то по выходе на квартальную просеку, например в точку М', измеряют рулеткой невязку ММ'. Зная расстояние АМ и полагая (по малости  $\Delta\alpha$ ), что угол АМ'М  $\approx \alpha_1$ , из решения треугольника АМ'М по теореме синусов находят  $\Delta\alpha = \text{ЛШ}'\rho \sin \alpha_1 \text{АМ}$ , где  $\rho = 3438'$  — число минут в радиане. На величину  $\Delta\alpha$  следует исправить положение границы лесосеки, вновь установив прибор в точке А. Если  $\Delta\alpha \leq 10'$ , работа выполнена правильно.

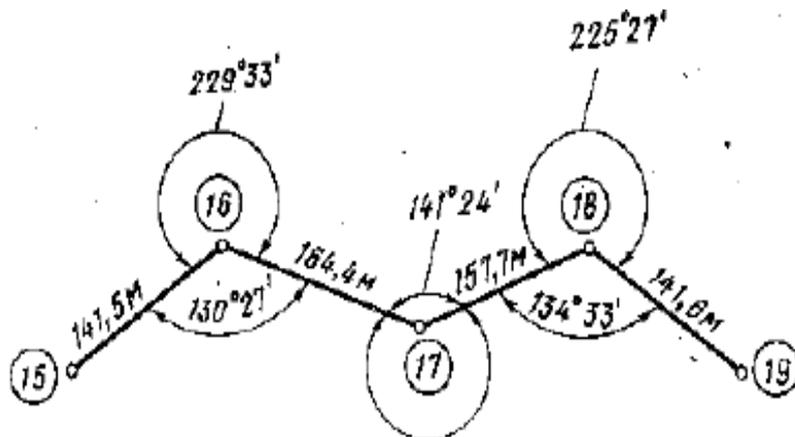


Рис 62 Границы лесосеки в виде ломанной линии

Границы лесосеки, запроектированной в виде ломаной линии (см. рис. 62, г), выносят в натуру теодолитным (буссольным) ходом. В нем откладывают на местности величину проектных углов и линий, определяя таким образом положение точек поворота границы и соединяющих их визиров.

В случае недопустимой невязки, изменяющей площадь лесосеки на 3—5%, ее устраняют по формуле (62).

При повторном лесоустройстве нередко возникает необходимость восстановления границы лесопользования. Для этого используют материалы прошлого лесоустройства, составляют и согласовывают с отделом землеустройства схему геоданных (рис. 119). Полевую работу начинают с того участка границы, на котором сохранилось два смежных знака, например 15 и 16. На горизонтальном круге теодолита в пункте 16 устанавливают отсчет, равный правому по ходу углу между направлениями на соседние знаки, в данном случае  $130^{\circ}27'$ . С этим отсчетом наводят трубу на заднюю точку. Затем, открепив алидаду, устанавливают на круге отсчет  $0^{\circ}$ . Линия визирования направлена на знак 17. В этом направлении прорубают и провешивают визир, по нему лентой откладывают расстояние до знака 17. Если в конце отрезка не обнаружен столб или хотя бы курган, положение линии визирования уточняют, отложив правый угол при двух положениях вертикального круга. Вторично измеряют линию и по уточненным данным ведут раскопку на глубину 60—70 см.

Вместо утраченного знака забивают кол, на котором указывают номер знака.

С восстановленного знака в том же порядке ведут дальнейшую работу. Результаты измерений заносят в журнал теодолитной съемки. Копию журнала передают главному инженеру землестроителю района для внесения исправлений в геоданные смежных землепользований.

## 5. Геодезические работы при озеленении населенных мест

5.1. Исходные топографо-геодезические материалы и содержание геодезических работ.

Проект районной планировки, предусматривает в числе других задач размещение зеленой зоны, мест загородного отдыха, заповедных территорий и парков, разрабатываемые по топографическим картам масштабов 1:50 000—1:10 000. Проект планировки города (генеральный план) со схемой его озеленения составляют по картам масштабов 1:10 000—1:5 000, детальный проект озеленения части городской (поселковой) территории — по планам масштабов 1:5 000 — 1:1 000, продольным и поперечным профилям улиц. Проект объекта озеленения (отдельного микрорайона, квартала, промышленного предприятия и др.) составляют на плане масштаба 1:1 000 или 1:500 с горизонталями и запроектированной ситуацией (здания и сооружения, в том числе подземные коммуникации).

Крупномасштабные карты и планы, используемые при проектировании и создании зеленых насаждений, дополняются результатами таксации и подеревной съемки существующих лесонасаждений. Для строительства объекта озеленения перед разбивочными работами предварительно создают геодезическую разбивочную основу и определяют необходимые данные для выноса на местность проектов вертикальной и горизонтальной планировки территории. По окончании строительства производится исполнительная съемка для показа на плане города всех вновь созданных объектов зеленого строительства.

### 5.2. Съемка древесной и кустарниковой растительности.

Результаты таксации лесных массивов, расположенных на территории, отводимой под лесопарки, зеленые зоны, места отдыха населения, наносят на планы масштабов 1:5 000 и 1:2 000. При этом показывают каждый выдел с его характеристиками. Съемку границ выделов ведут с ходовых линий (рис 63), измеряемых с точностью не ниже 1:1 000. При необходимости по границам выделов прокладывают съемочные ходы (теодолитные или буссольные), концы которых опираются на пункты геодезической основы и пикетные колья. На плане внутри каждого выдела записывают условную формулу, в числителе которой указывают номер выдела и класс возраста насаждения, а в знаменателе — его бонитет и полноту.

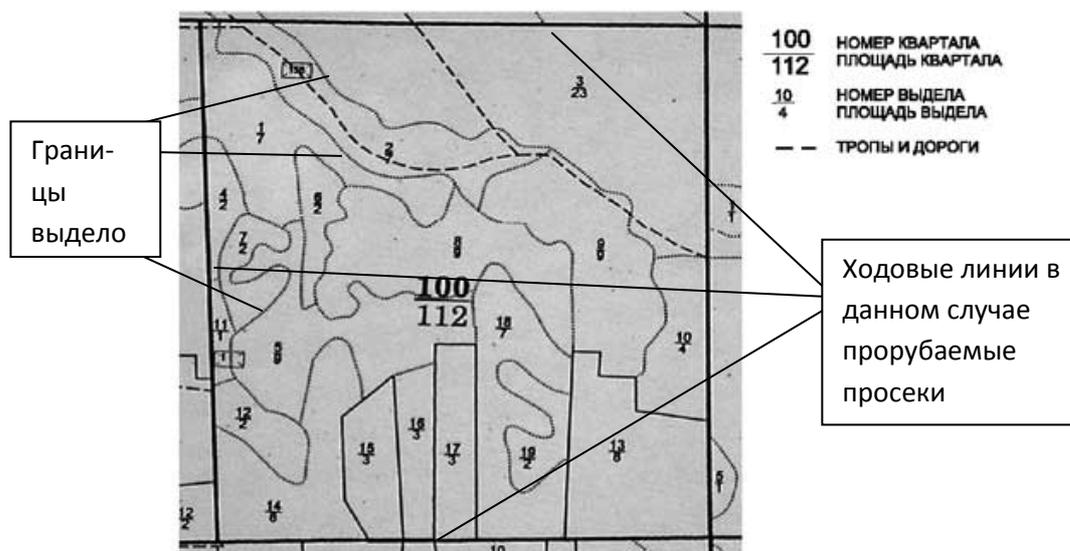


Рис 63 Описание выделов с ходовых линий – прорубек

Результаты полевой съемки наносят на планы масштабов 1:1 000 и 1:500. На них показывают все деревья и группы кустарников, расположенные на проездах, площадях, внутри кварталов, в аллеях и скверах. Вместе с плановым положением деревьев определяют и расстояния между ними. Каждому дереву присваивают номер, определяют его породу, возраст, высоту, диаметр ствола на высоте 1,3 м и диаметр кроны, санитарное состояние и декоративные качества. Породу однородной группы деревьев характеризуют условным знаком и надписью, например, ставят значок широколиственного дерева и надпись «клен».

Правильность нанесения на план границ выделов и положения деревьев (кустарников) проверяют контрольными промерами, выполняемыми при съемке. Предельное расхождение между расстояниями, определенными по плану и измеренными на местности, не должно превышать 0,4 мм в масштабе плана.

### 5.3. Создание геодезической разбивочной основы.

Для перенесения на местность проектов планировки территории и посадки зеленых насаждений используют существующие в районе работ государственные и съемочные геодезические сети. Однако плотность этих сетей, особенно на незастроенных территориях, недостаточна, а часть пунктов съемочного обоснования к моменту строительства обычно бывает утрачена. Поэтому до переноса проекта озеленения в натуре создают разбивочную геодезическую сеть в виде:

- разбивочных осей,
- сетки квадратов,
- точек и линий теодолитных ходов.

Пункты сети закрепляют знаками, сохраняемыми до конца работ по озеленению.

Разбивочные оси— отрезки прямых, по отношению к которым в разбивочных и посадочных чертежах указываются данные для выноса в натуру проектных точек. Оси размещают на площадках с относительно простой планировкой так, чтобы максимальное удаление проектных точек от оси не превышало 15—20 м. Каждая ось закрепляется не менее чем четырьмя створными знаками, устанавливаемыми вне зоны производства земляных работ и транспортных путей. Положение знаков указывают на генеральном плане и на разбивочных (посадочных) чертежах. Данные для построения разбивочных осей от исходных геодезических пунктов определяют графоаналитическим способом. Вынос их в натуру ведут способами, рассмотренными на странице. Разбивочные оси могут быть также привязаны к базисным линиям — фасадам домов, бровкам и осям дорог, существующим аллеям и др. Положение точек разбивочной оси в этом случае определяют промерами по створу и линейными засечками. В последнем случае точку оси находят не менее чем от трех исходных пунктов, удаленных от определяемой на расстояние, не превышающее длину мерного прибора. Данные для выноса в натуру разбивочных осей от базисных линий получают графическим и графоаналитическим способами.

Разбивочную основу в виде сетки квадратов со сторонами 5, 10 и 20 м строят на относительно больших (более 1 га) открытых площадках со сложной планировкой. Стороны сетки размещают параллельно осям существующих или проектируемых дорог, аллей, садово-парковых сооружений.

Вершины квадратов стремятся располагать так, чтобы постоянные и временные строения не мешали разбивочным работам и не попадали в зоны земляных работ.

Сетку квадратов строят в частной системе прямоугольных координат. За начало системы принимают вершину, расположенную в углу участка, который условно называют юго-западным. Одну из вершин сетки целесообразно совмещать с геодезическим пунктом.

При проектировании сетки вычерчивают на кальке не все, а лишь основные (крупные) квадраты со сторонами 50—150 м. Затем, перемещая кальку по генеральному плану, добиваются такого положения сетки, при котором соблюдались бы указанные выше условия. При этом допускается заменять основные квадраты прямоугольниками, смещая отдельные

линии сетки на расстояния, кратные стороне малого квадрата. Вершины основных квадратов и прямоугольников нумеруют.

Около сторон подписывают их длины, а около вершин — координаты, вычисленные при условии, что дирекционный угол одних сторон сетки равен нулю, а перпендикулярных им —  $90^\circ$ .

Готовя данные для выноса вершин сетки в натуру, перекалывают на план две точки с линии, проходящей через геодезический пункт. Данные для выноса этих точек в натуру от ближайших геодезических пунктов готовят графоаналитическим способом. Их в первую очередь и находят на местности, закрепив кольями. Затем положение этих точек контролируют теодолитом, установленным на геодезическом пункте. Для этого визируют на дальнюю точку, проверяя, находится ли в створе ближняя. Отклонение этой точки от створа не должно превышать 0,3 м при подготовке данных по плану масштаба 1:1 000 и 0,15 м — по плану 1:500. Допустимую невязку устраняют сдвигом кола. Если невязка окажется больше допустимой, то проверяют правильность подготовки данных и построений на местности. На вынесенной в натуру прямой построением проектных отрезков (смотрите страницу 107) находят все расположенные на ней вершины основных квадратов и закрепляют их временными знаками — кольями с гвоздями в торцах. Затем, последовательно устанавливая теодолит в полученных вершинах, строят в них прямые углы от вынесенной в натуру линии сетки. На построенных направлениях находят и закрепляют другие вершины. Правильность установки кольев в створ контролируют с помощью теодолита.

Из-за погрешностей построения проектных углов и расстояний вершины сетки могут отклоняться от расчетного положения. Чтобы выявить смещения и устранить их, по границе участка прокладывают теодолитный ход с предельной погрешностью измерения сторон не более 1:3 000.

Сравнивают вычисленные ( $X_{выч}$ ,  $U_{выч}$ ) координаты с проектными ( $X_{пр}$ ,  $U_{пр}$ ), находя для каждого пункта абсолютные линейные поправки

$$\omega d = \sqrt{\omega x^2 + \omega y^2}, \quad (39)$$

где  $\omega x = X_{пр} - X_{выч}$ ,  $\omega y = U_{пр} - U_{выч}$  — поправки для смещения вершин сетки по осям координат.

Если  $\omega d \leq 5$  см, то при разбивочных работах используют проектные, а не вычисленные значения координат. При больших расхождениях колья в вершинах квадратов смещают (редуцируют) до проектного положения: от кола рулеткой с миллиметровыми делениями откладывают поправки  $\omega x$  и

ωу по сторонам сетки. После этого вместо кольев устанавливают металлические трубы на бетоне.

Отметки их верхних срезов определяют техническим нивелированием.

Вершины малых квадратов закрепляют кольями непосредственно перед производством разбивочных работ. Их положение находят построением расстояний по створам, образуемым смежными долговременными знаками сетки.

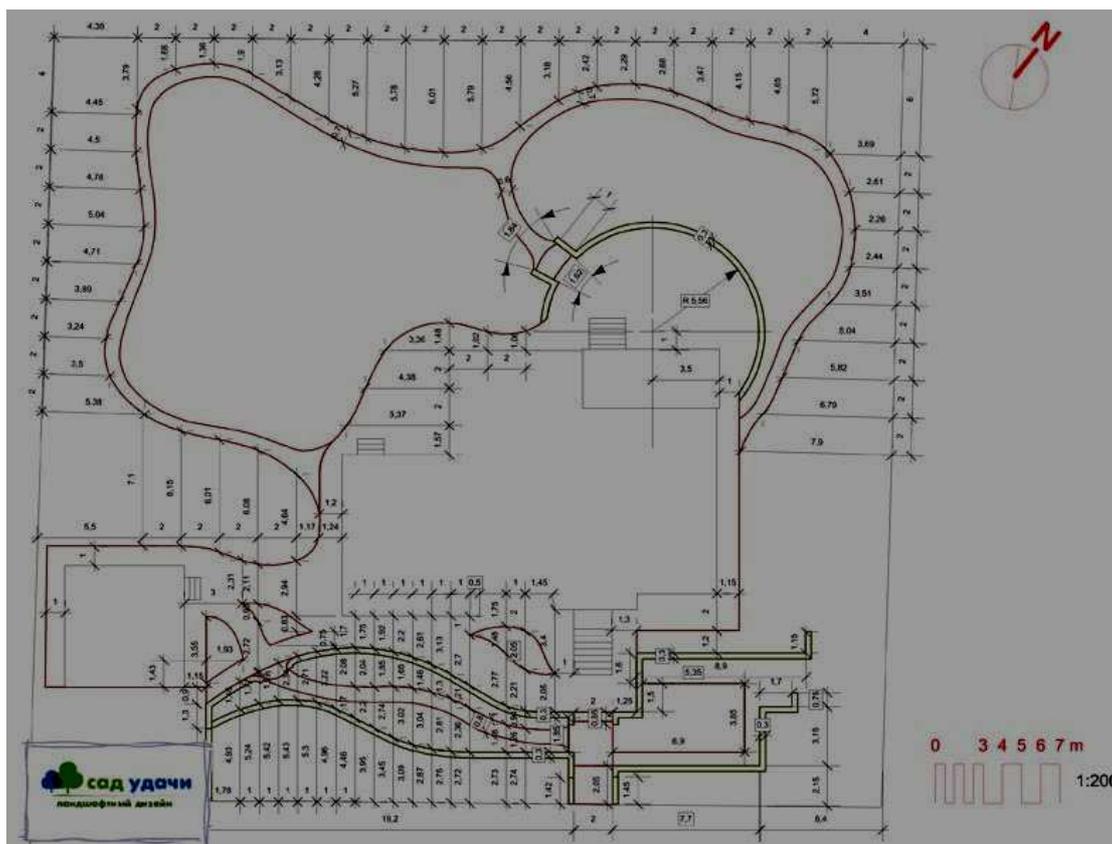
#### 5.2. Вынос в натуру проекта вертикальной планировки.

Разбивочный чертеж для решения этой задачи составляют по плану вертикальной планировки городского квартала (парка, сквера, бульвара) масштабов 1:2 000 — 1:500 с нанесенными на него проектными горизонталями. На плане вычерчивают предварительно построенную на местности сетку квадратов. Для каждой ее вершины вычисляют рабочие отметки — разности проектных отметок и отметок земли. Первые определяют интерполяцией по проектным горизонталям, вторые — по горизонталям, нанесенным на план при съемке рельефа. Отрицательное значение рабочей отметки показывает глубину срезки грунта, положительное — высоту подсыпки. Полученные рабочие отметки со своими знаками выписывают на заранее заготовленные прочные кольца. Их забивают рядом с вершинами квадратов с таким расчетом, чтобы верхний срез кола соответствовал проектной отметке данной точки, что выполняется с помощью нивелира способом проектной рейки или построением линии и плоскости заданного уклона (см. страницу 107 - 108).

Если на точку нельзя поставить рейку (яма, высокий бугор), то в ней забивают кол на произвольной отметке. В этом случае на верхний срез кола передают высоту от ближайшего репера, вычисляют рабочую отметку точки и записывают ее на затесе кола. При производстве земляных работ эту отметку находят измерением вертикального расстояния от верхнего среза кола до проектной поверхности грунта.

#### 5.3. Разбивка элементов горизонтальной планировки и озеленения.

Для вынесения на местность проекта горизонтальной планировки территории составляют разбивочный чертеж планировки, а проекта размещения насаждений — разбивочный чертеж озеленения, называемый также посадочным чертежом. Основой для составления этих чертежей служит топографический план масштаба 1:500. На разбивочный чертеж планировки переносят с генерального плана все запроектированные сооружения и геодезическую разбивочную основу, а на посадочный чертеж, кроме того, — проектируемые насаждения.

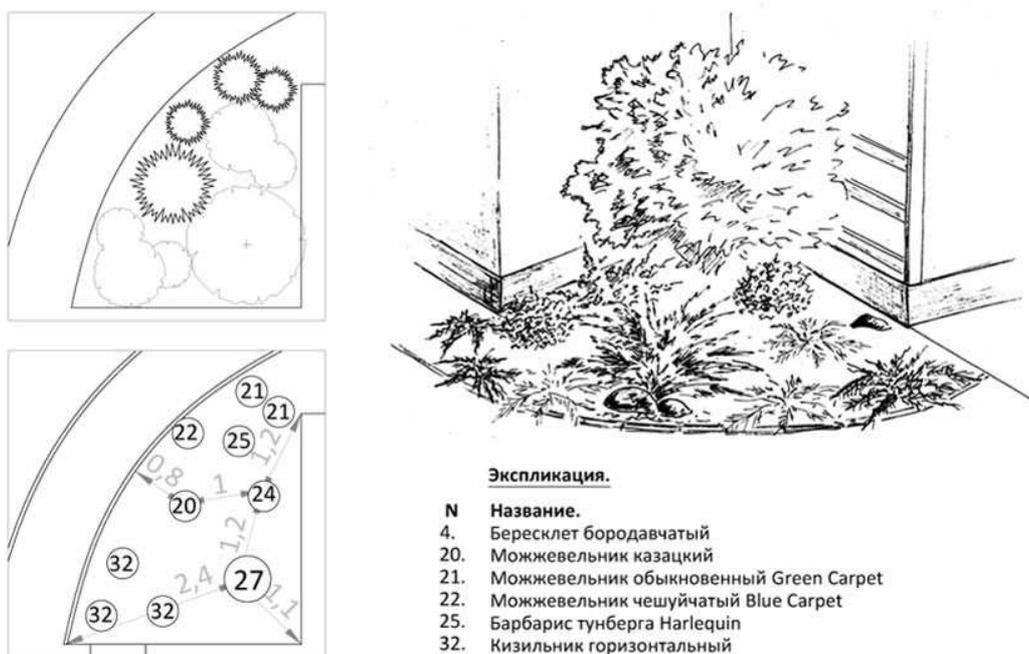


*Рис 64 Разбивочный чертеж дорожно – тропиночной сети и элементов застройки разбивочные оси привязаны к границам участка или закреплены дополнительно.*

Положение объектов планировки относительно точек и линий геодезической разбивочной основы определяют прямоугольными координатами. Абсциссы отсчитывают по линиям геодезической основы, ординаты — по перпендикулярам к ним. Эти величины записывают на разбивочный чертеж планировки. На этом же чертеже подписывают длину каждого прямолинейного отрезка дороги, газона, цветника, здания, указывают центры и радиусы кривых.

На посадочном чертеже указывают положение запроектированных для посадки деревьев, кустарников, живых изгородей, цветников по их прямоугольным координатам. Положение насаждений, в том числе и линейных, определяют в характерных местах не только от линий разбивочной основы, но и от вынесенных в натуру границ прямых аллей, бровок дорожек, краев площадок и т. п. На плане указывают (расстояния между деревьями (шаг посадки). В местах, где требуется более точная разбивка, проектируют дополнительную сетку квадратов со стороной 2 или 5 м. Условные обозначения деревьев в пределах части аллеи, ряда, группы или массива одного вида, разновидности и стандарта соединяют

между собой сплошными линиями. Около группы указывают ее номер, соответствующий номеру в посадочной ведомости, и количество деревьев. Вынесенные в натуру объекты закрепляют кольями: контур площадки — по углам и в точках пересечения с дорожками; дорожки — в точках перелома оси и через каждые 5—10 м по бровкам; деревья — в посадочных местах; ряды деревьев и кустарников — в местах посадки крайних экземпляров и через каждые 5—10 м; живые изгороди, бордюры, рабатки — в точках перелома оси и через каждые 3—5 м; окружности, эллипсы — в геометрических центрах и характерных точках.



*Рис 65 Посадочный чертеж и эскиз фрагмента садово – парковой композиции*

Проверку и приемку разбивочных работ ведут для установления точности переноса проекта в натуру и наличия закрепляющих его знаков. Точность проверяют промерами расстояний между смежными проектными точками, между ними и пунктами геодезической основы проложением теодолитных ходов по вынесенным в натуру линиям. Разница между измеренным на местности и указанным в проекте расстояниями считается допустимой, если она не превышает 0,5 м на территории сквера, бульвара, жилого квартала, в секторе массовой работы парка и 3 м в секторе отдыха и прогулок парка. Неточности в положении цветников на этих территориях не должны превышать соответственно 0,2 и 0,5 м.

### Литература:

1. Топография с основами геодезии. -М., Высшая школа. 1986.
2. Давыдов М.Ф., Прудников Г.Г. Геодезия. -М.: Недра, 1984.
3. Ассур В.Л., Филатов А.М. Практикум по геодезии. - М.: Недра, 1985.— 360 с.
4. Ганьшин В.Н., Хренов Л.С. Таблицы для разбивки круговых и переходных кривых. — 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Недра, 1985.- 430 с.
5. Дмитриев И.Д., Мурахтанов Е.С., Сухих В.И. Лесная аэрофотосъемка и авиация. -М.: Лесная промышленность, 1981.—344 с.
6. Дубов С.Д., Поляков А.Н. Практикум по лесной съемке. -М.: Лесная промышленность, 1984. — 141 с.
7. Инструкция по проведению лесоустройства в едином государственном лесном фонде СССР. Часть I. Организация лесоустройства и полевые работы. - М.: Гослесхоз СССР, 1986. -133 с.
8. Инструкция по топографическим съемкам в масштабах 1:10 000 и 1:25000. Полевые работы. - М.: Недра, 1978. - 79 с.
9. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5 000, 1:2 000, 1 : 1 000 и 1:500. ГКИНП — 02—033—82 (издание официальное). - М.: Недра, 1985,- 152 с.
10. Лобанов Ю. А. Н. Фотограмметрия. - М.: Недра, 1984. - 522 с.
11. Маслов А.В., Гладилина Е.Ф., Костык В.А. Геодезия. -М.: Недра, 1986.—416 с.
12. Мурахтанов Е.С., Моисеев Н.А., Мороз П.И., Столяров Д.П. Лесоустройство. - М.: Лесная промышленность, 1983. - 344 с.
13. Спиридонов А.И., Кулагин Ю.Н., Крюков Е.С. Справочник-каталог геодезических приборов. - М.: Недра, 1984. - 240 с.
14. Справочное руководство по инженерно-геодезическим работам. /Под ред. В.Д.Большакова и Г.П.Левчука. - М.: Недра, 1980. —781 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕКЦИЯ 1	ВВЕДЕНИЕ. ТОПОГРАФИЯ И ГЕОДЕЗИЯ.....
ЛЕКЦИЯ 2	ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ПЛАНЫ И КАРТЫ.....
ЛЕКЦИЯ 3	ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ПЛАНЫ И КАРТЫ.....
ЛЕКЦИЯ 4	ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ПЛАНЫ И КАРТЫ.....
ЛЕКЦИЯ 5	ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ПЛАНЫ И КАРТЫ.....
ЛЕКЦИЯ 6	ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ПЛАНЫ И КАРТЫ.....
ЛЕКЦИЯ 7	ТОПОГРАФИЧЕСКИ ПЛАНЫ И КАРТЫ.....
ЛЕКЦИЯ 8	ПОЛЕВЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ.....
ЛЕКЦИЯ 9	ПОЛЕВЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ.....
ЛЕКЦИЯ 10	ПОЛЕВЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ.....
ЛЕКЦИЯ 11	СЪЕМКА МЕСТНОСТИ.....
ЛЕКЦИЯ 12	ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА.....
ЛЕКЦИЯ 13	МЕНЗУЛЬНАЯ СЪЕМКА.....
ЛЕКЦИЯ 14	БУССОЛЬНАЯ СЪЕМКА.....
ЛЕКЦИЯ 15	ФОТОТОПОГРАФИЧЕСКАЯ СЪЕМКА.....
ЛЕКЦИЯ 16	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТ ТОЧЕК НА МЕСТНОСТИ...
ЛЕКЦИЯ 17	ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОЕ, БАРОМЕТРИЧЕСКОЕ И ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О АЭРОРАДИОНИВЕЛИРОВАНИИ.....
ЛЕКЦИЯ 18	ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ И ЛАНДШАФТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....
	ЛИТЕРАТУРА.....

**Коновалов А.А**  
**КУРС ЛЕКЦИЙ**  
**«ГЕОДЕЗИЯ»**  
**для специальности 7030-100**  
**«Лесное дело и ландшафтное строительство»**

Тех. редактор: Жакыпова Ч.А.  
Компьютерная верстка: Жумашева Ж.Ж.

---

Отпечатано в полиграфическом комплексе  
ИГУ им. К.Тыныстановы  
Заказ 438 Тираж 25.  
Тел.: (03922) 52696.