



## Тема лекции 7. ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ СЪЕМКИ

### Вопросы:

- 7.1. Понятие о съемках местности.
- 7.2. Сущность теодолитной съемки.
- 7.3. Способы съемки ситуации.
- 7.4. Построение плана теодолитной съемки.
  - 7.4.1. Расчет листа бумаги для построения плана.
  - 7.4.2. Построение координатной сетки.
  - 7.4.3. Нанесение точек по координатам и ситуации на план.
  - 7.4.4. Оформление плана.
- 7.5. Тахеометрическая съемка.
  - 7.5.1. Сущность тахеометрической съемки.
  - 7.5.2. Плановое и высотное обоснование тахеометрической съемки.
  - 7.5.3. Порядок работы на станции при съемке ситуации и рельефа.
  - 7.5.4. Обработка материалов тахеометрической съемки.
  - 7.5.5. Построение плана тахеометрической съемки.
- 7.6. Топографическая съемка застроенных территорий
  - 7.6.1. Особенности крупномасштабных съемок застроенных территорий.
  - 7.6.2. Создание съемочного обоснования.
  - 7.6.3. Съемка проездов.
  - 7.6.4. Внутриквартальная съемка.
  - 7.6.5. Съемка подземных коммуникаций
- 7.7. Определение площадей
  - 7.7.1. Способы вычисления площадей.
  - 7.7.2. Аналитический способ.
  - 7.7.3. Вычисление площади участка по результатам измерений линий на плане
  - 7.7.4. Определение площади участка способом палетки
  - 7.7.5. Механический способ определения площадей
  - 7.7.6. Увязка площадей контуров ситуации

### Литература

1. Юнусов, А.Г. Геодезия: учебное пособие для вузов. / А.Г. Юнусов. А.Б. Беликов, В.Н. Баранов, Ю.Ю. Каширкин. – М.: Академический проект. 2011. 409 с.
2. Куштин, И.Ф. Геодезия: учебно-практическое пособие. / И. Ф. Куштин, В.И. Куштин. – Ростов н/Д. Феникс, 2009. – 909 с.
3. Ямбаев, Х.К. Геодезическое инструментоведение: учебник для вузов./ Х.К. Ямбаев. – М.: Академический проект, 2011. – 583 с.
4. Неумывакин, Ю.К., Практикум по геодезии / Ю.К.Неумывакин, А.С.Смирнов. – М.: Недра, 1995.
5. Подшивалов, В. П. Инженерная геодезия : учебник / В. П. Подшивалов, М. С. Нестеренок. – Минск : Выш. шк., 2011. – 463 с.
6. Янченко, Е.А. Геодезия [Текст]: курс лекций для студ. I курса очной и заочной форм обучения направления «Землеустройство и кадастры», профилей «Землеустройство», «Земельный кадастр», «Кадастр недвижимости» / Е.А. Янченко; Инж. мелиор. ин-т. ДГАУ, каф. геодезии. – Новочеркасск, 2014. - 174 с.
7. ГКНП 02-004-2010. Основные положения по созданию топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. Мн.: Госкомимущество. 2010. 24 с.

## Вопрос 7.1. Понятие о съемках местности

Топографические карты и планы больших территорий создаются в основном методом аэрофотосъемки, т.е. фотографирования земной поверхности с летательных аппаратов, преимущественно самолетов (воздушные съемки). В настоящее время разрабатываются и внедряются в практику другие методы воздушных съемок – сканирование земной поверхности в оптическом диапазоне, лазерное сканирование с последующей компьютерной обработкой данных. На территориях застройки применяют наземные топографические съемки – теодолитную, тахеометрическую, нивелирование поверхности, фототеодолитную.

**Наземной топографической съемкой** называется комплекс работ, выполняемых на местности и в камеральных условиях с целью составления топографической карты или плана, а также получения данных для создания цифровой модели местности. Топографические съемки производятся относительно пунктов съемочного геодезического обоснования, созданного теодолитно-нивелирными ходами, микротриангуляцией, геодезическими засечками или же современными более точными и технологичными методами, которые обеспечиваются электронными тахеометрами и спутниковыми приборами.

На рис.7.1 приведен пример схемы планового съемочного обоснования, созданного теодолитными ходами.

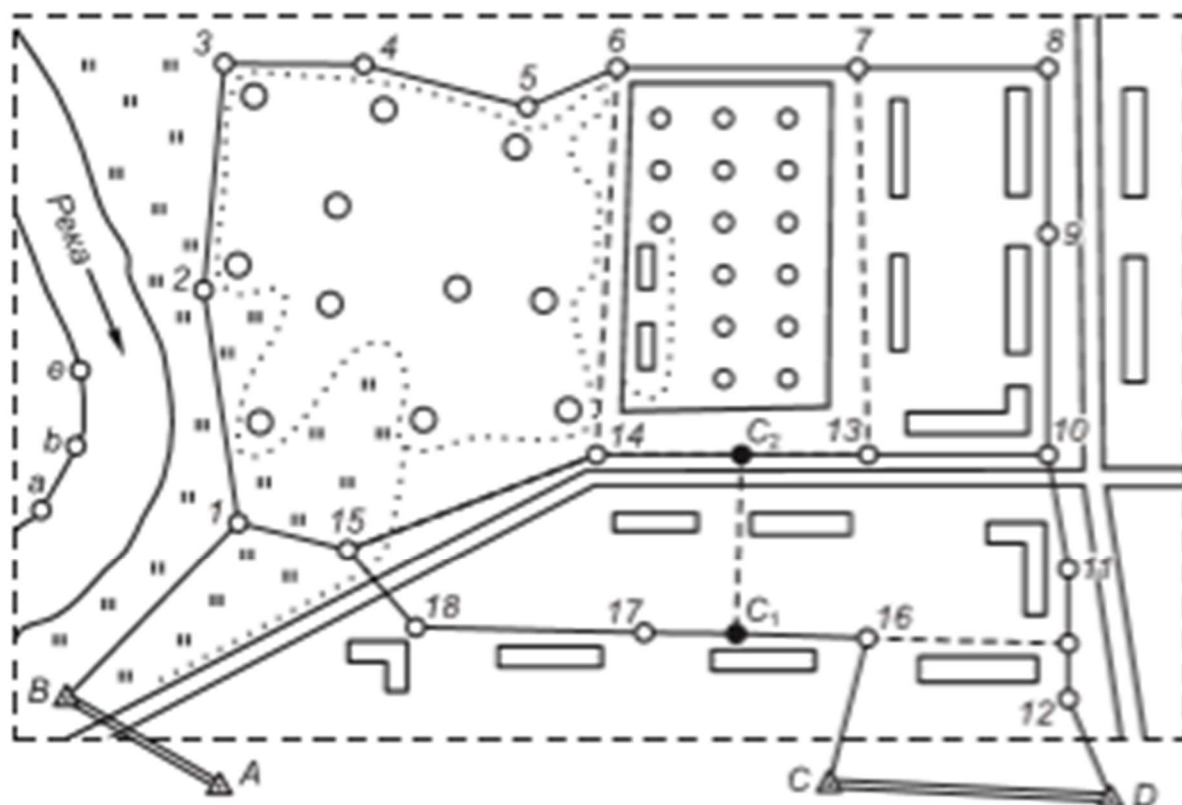


Рис. 7.1. Схема съемочного обоснования, созданного теодолитными ходами.

## Вопрос 7.2. Сущность теодолитной съемки

Теодолитная съемка является полевой работой, при выполнении которой сначала создается съемочная геодезическая сеть, а затем производится съемка подробностей (ситуации). Теодолитной она называется потому, что основным прибором с помощью которого она выполняется, является *теодолит*.

*Съемочной геодезической сетью* при теодолитной съемке может быть *сеть треугольников*, *сеть теодолитных полигонов*, составляющих группу смежных многоугольников, или *сеть теодолитных ходов* (рис.7.2), представляющих систему ломаных линий.

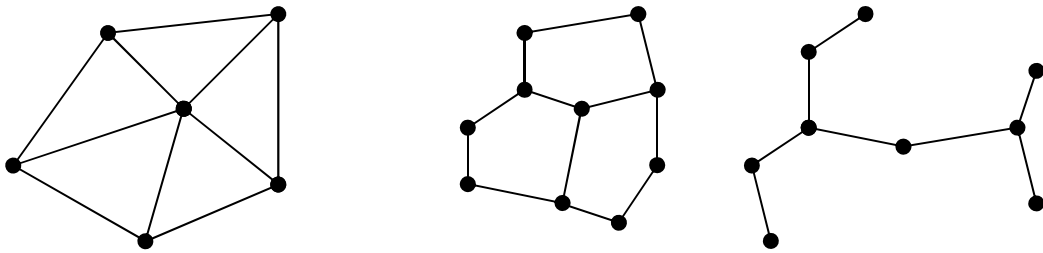


Рис. 7.2.

Ход, проложенный внутри полигона для съемки ситуации, называется *диагональным*.

Процесс теодолитной съемки складывается из:

- 1) закрепления точек на местности (все поворотные точки полигонов и ходов закрепляют на местности колышками, столбами и т.д.);
- 2) измерения линий и углов в полигонах и ходах;
- 3) съемка подробностей (ситуации).

Для измерения линий в полигонах и ходах применяют стальные ленты, рулетки, дальномеры и другие приборы, позволяющие измерять линии с относительной погрешностью не более  $1/2000$ .

Углы в теодолитных полигонах и ходах измеряют с помощью теодолитов с погрешностью не более  $0,5$ .

## Вопрос 7.3. Способы съемки ситуации

Съемка ситуации (подробная съемка контуров местности) производится либо одновременно с прокладкой теодолитного хода, либо после создания съемочного обоснования. В процессе съемки составляются *абрисы* – разборчивые схематические чертежи, на которых показывают точки теодолитного хода, контуры объектов и записывают линейные и угловые данные съемочных измерений, выполняемых различными способами.

*Способ перпендикуляров (способ прямоугольных координат)* применяется для съемки объектов, расположенных вблизи сторон теодолитного

хода. В комплект средств для измерений входят теодолит, мерная лента и рулетка, экер, вехи. Сторону 9–8 теодолитного хода (рис.7.3, а) обозначают вехами и принимают за ось абсцисс. Одну мерную ленту или рулетку, например длиной 20 м, кладут с помощью зрительной трубы теодолита (или ее оптического визира) в створ пунктов 9 и 8, совместив нуль ленты с точкой 9. Приложив нуль второй рулетки к углу дома № 4, на первую ленту опускают перпендикуляр и отсчитывают его длину (ординату у) по рулетке (5,33 м), по первой ленте – расстояние х от точки 9 до основания перпендикуляра (+12,83).

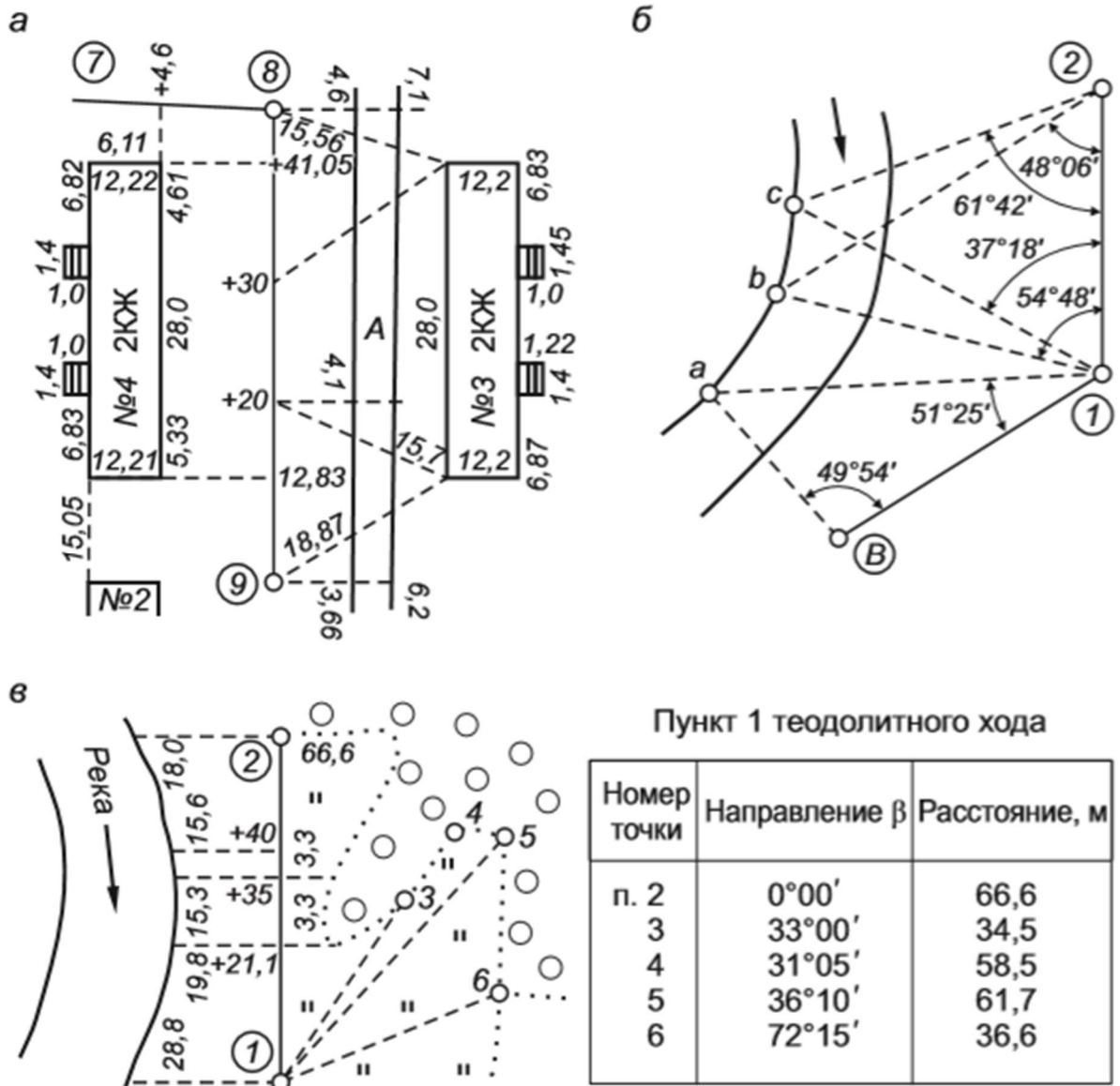


Рис. 7.3. Абрисы съемки ситуации:

а- перпендикулярами и линейными засечками; б- угловыми засечками; в- полярным способом.

Перпендикуляры длиной до 4–5 м восстанавливают на глаз, более длинные (20–30 м) – с помощью экера. Первую ленту перемещают в створе 9–8 через интервалы, равные ее длине, и аналогичными перпендикулярами выполняют съемку других точек. На абрисе указывают данные обмера контура здания по цоколю и обмера его выступов, отмостки, расстояния между соседними

постройками. По измеренной длине фасада контролируется съемка его краев перпендикулярами.

Применяя *способ линейных засечек*, как и в способе перпендикуляров, первую ленту помещают в створе стороны 9–8 теодолитного хода. Второй рулеткой измеряют расстояния от угла дома № 3 до пункта 9 и до створной точки +20 (рис. 7.3, а). Аналогично привязывают к теодолитному ходу второй угол дома, обмеряют контур здания для проверки съемки его точек линейными засечками и нанесения выступов.

По *способу угловых засечек*, на противоположном берегу водной преграды или на стороне глубокого карьера ставят вехи в точках а, б, с (рис. 7.3, б). Теодолитом относительно пунктов и сторон съемочного обоснования В–1–2 измеряют горизонтальные углы. По данным абриса точки находят на плане с помощью транспортира в пересечениях сторон углов.

При съемке границы луга *полярным способом* составляются абрис и таблица (рис. 7.3, в). Теодолит устанавливается над пунктом 1 (полусом). При визировании зрительной трубой в положении КЛ на веху в пункте 2 отсчет по горизонтальному кругу устанавливается на  $0^{\circ} 00'$  (задается полярное направление 1–2). Положение съемочных точек определяется горизонтальными углами  $\beta_i$ , отсчитанными по горизонтальному кругу теодолита относительно полярного направления, и расстояниями  $d_i$ , которые измеряются нитяным дальномером или рулеткой.

*Способ обхода* (рис. 7.2) состоит в том, что теодолитный ход прокладывают по контуру пашни, леса или по границе территории, обозначенной граничными знаками. Точки хода наносятся на план по их координатам, а отрезки линий между точками представляют контуры местности или границы территории и изображаются соответствующими условными знаками.

## **Вопрос 7.4. Построение плана теодолитной съемки**

### **Вопрос 7.4.1. Расчет листа бумаги для построения плана**

Расчет листа бумаги для размещения плана полигона симметрично относительно краев листа, на котором будет составляться план состоит из:

- 1) расчета размеров плана полигона и определения размера листа бумаги, на котором будет составляться план;
- 2) расчета для размещения осей координат или линии сетки, параллельных осям координат.

О размерах плана полигона можно судить по координатам точек полигона.

Размер плана полигона с севера на юг (сверху вниз) определяется как разность наибольшей и наименьшей абсциссы, а размер плана с запада на восток (слева направо) – как разность наибольшей и наименьшей ординат точек. Формулами вышесказанное можно выразить так:

$$X_{\text{плана}} = \frac{X_{\text{max}} - X_{\text{min}}}{m}$$

$$Y_{\text{плана}} = \frac{Y_{\text{max}} - Y_{\text{min}}}{m} \quad (7.1)$$

где  $m$  – число метров на местности, соответствующее 1 см на плане согласно масштаба составляемого плана.

Например, масштаб составляемого плана 1:2000,  $X_{\text{min}} = 1409.33$  м,  $X_{\text{max}} = 1820.80$  м,  $Y_{\text{min}} = 891.50$ ,  $Y_{\text{max}} = 1222.56$  м.

Тогда  $X_{\text{плана}} = (1820.8 - 1409.33) / 20 = 20,6$  см

$Y_{\text{плана}} = (1222.56 - 891.50) / 20 = 16.6$  см.

Слева и справа, сверху и снизу относительно плана полгона должен быть оставлен запас для таблиц, надписей и пр., примерно по 8-10 см, то размер листа бумаги для плана должен быть не менее  $20,6 + 20 = 40,6$  см и слева направо  $16,6 + 20 = 36,6$  см.

Так как положение каждой точки полигона будет определяться относительно осей координат, то размещение плана полигона симметрично относительно краев листа будет зависеть от того, как расположены на листе оси координат, т.е. правильное размещения плана на листе зависит от правильного размещения осей координат.

Для правильного размещения осей координат поступают следующим образом. Пусть лист на котором будут строить план, имеет размеры  $40 * 36$  см. Обозначим эти размеры  $X_{\text{листа}} = 40$  см и  $Y_{\text{листа}} = 36$  см. Тогда расстояния от краев листа до самых верхних и самых нижних точек плана будут:

$$(X_{\text{листа}} - X_{\text{плана}}) / 2 = (40 - 20,6) / 2 = 10 \text{ см.}$$

$$(Y_{\text{листа}} - Y_{\text{плана}}) / 2 = (36 - 16.6) / 2 = 9.7 \text{ см.}$$

Линии координатной сетки проводят на плане через 10 см. Для масштаба 1:2000, это означает, что оси абсцисс и ординат будут проходить на плане полгона кратно 200 м.

Положение оси абсцисс относительно самой восточной точки полигона можно определить по формуле:

$$X_{\text{сетки}} = \frac{Y_{\text{max}} - Y_{\text{сетки}}}{m} = \frac{1222.56 - 1200}{20} = 1.128 \text{ см}$$

В нашем случае самой правой является точка с ординатой 1222.56 м, следовательно, на расстоянии 1,128 см к западу от этой точки пройдет ось абсцисс, т.е.  $6,7 + 1,128 = 7,828$  см.

Самой южной будет точка с координатой  $X_{\text{min}} = 1409.33$  м. Найдем положение близкой к этой точке оси координат, кратной 200 м. Например 1400.

$$Y_{сетки} = \frac{X_{\min} - X_{сетки}}{m} = \frac{1409,33 - 1400}{20} = 0,5 \text{ см}$$

От нижнего края листа линия координатной сетки будет проходить на расстоянии  $10+0.5=10,5$  см.

Таким образом, находится положение осей координат.

### Вопрос 7.4.2. Построение координатной сетки

Составление плана начинают с построения координатной сетки. Координатная сетка представляет собой ряд вертикальных и горизонтальных линий, параллельных осям координат  $X$  и  $Y$ .

Существует много способов построения координатной сетки, которые применяются в зависимости от размеров планов и возможностей, имеющихся у исполнителя.

Координатные сетки размером  $50*50$  см очень удобно строить при помощи линейки Дробышева, которая представляет собой металлическую линейку вдоль которой сделаны металлические вырезы. Один из краев каждого выреза скошен: у 1-ого, помеченного нулем - по прямой, а у всех остальных - по дугам с радиусами 10, 20, 30, 40, 50 см. Построение сетки квадратов основано на том, что диагональ прямоугольника со сторонами  $30*40$  см равна 50 см.

Построение сетки квадратов линейкой Дробышева состоит в следующем:

1) вдоль длинной стороны листа, отступив от края 5 см, проводят по скошенному краю линейки прямую линию. Поставив линейку на линию в положение АВ (рисунок 18.4) так, чтобы нулевой штрих попал на линию, ставят там точку А, а по следующим четырем скошенным вырезам прочерчивают штрихи.

2) затем линейку прикладывают в положение АС перпендикулярно линии АВ на глаз. Совместив нулевой штрих с т.А, проводят штрихи через три последующие выреза линейки. Линейку перекалывают в положение ВС - по диагонали, и совместив нулевой штрих линейки с т.В и по пятому скошенному вырезу прочерчивают штрих. Полученная в пересечении т.С является вершиной перпендикуляра к линии АВ с основанием в т.А.

3) после этого подобное построение повторяют в т.В. в результате получают точку D, которая является вершиной перпендикуляра с основанием в т.В.

4) приложив линейку к точкам С и D нужно проверить расстояние между ними. Оно должно быть равно 40 см. Контролем служит совпадение трех штрихов. А также при контроле правильности построения сетки квадратов проверяют все стороны квадратов сетки и их диагонали. если расхождение против точных сторон квадратов превышает 0,2 мм сетку квадратов перечерчивают.

Если нет линейки Дробышева, сетку квадратов можно построить с помощью обычной деревянной линейки. Для этого:

1) через весь лист бумаги провести две диагонали и от точки их пересечения по направлению к вершинам отложить отрезки по 25 см. получают наколы, которые соединяют карандашом и получают прямоугольник.

2) по масштабной линейке берут отрезок в 10 см и откладывают его по сторонам прямоугольника.

3) полученные точки на параллельных сторонах соединяют линиями и получают сетку квадратов.

Координатные сетки строят также и при помощи координатографов.

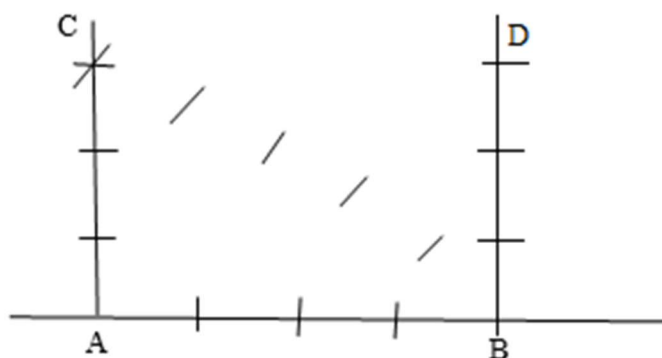


Рис. 7.4. Построение сетки квадратов линейкой Дробышева

### Вопрос 7.4.3. Нанесение точек по координатам и ситуации на план

Для нанесения координат точек полигона на план пользуются координатной сеткой. Рассмотрим нанесение точек по координатам на план на примере точки полигона, которая имеет координаты  $X=8160,21$  м и  $Y=6106,81$  м.

Будем считать, что координатная сетка для этого полигона рассчитана и построена. Судя по координатам  $X$  точка лежит выше линии координатной сетки с координатой 8000 м по оси абсцисс на 160,21 м и правее линии координатной сетки с ординатой 6000 м. Для нанесения ее на план нужно от линии координатной сетки  $X=8000$  по обе стороны квадрата, в котором находится точка, измерителем отложить вверх 160,21 м в масштабе плана и провести линию, на которой находится точка. А по оси абсцисс к востоку от линии сетки с координатой 6000 по стороне соответствующего квадрата отложить 106,81 м в масштабе составляемого плана. Аналогичным образом наносят остальные точки полигона на план.

Правильность нанесения точек на план контролируют горизонтальными проложениями линий, которые берут раствором циркуля-измерителя по масштабной линейке, и сличают с горизонтальными проложениями линий в ведомости координат

После нанесения точек теодолитных полигонов и ходов, на план наносят ситуацию. В зависимости от способа съемки контуров ситуации применяют

соответствующие способы их нанесения на план. Материалом для нанесения ситуации являются полевые журналы и абрисы.

Контурные, снятые по способу обхода, наносят на план либо по координатам, либо по румбам.

Если съемка ситуации производилась по методу прямоугольных координат (методу перпендикуляров), то для нанесения ее на план пользуются линейкой, треугольником, измерителем и масштабной линейкой.

Точки контуров ситуации снятые полярным методом, наносят на план при помощи транспортира и измерителя. Транспортир нужен для построения углов.

Нанесение на план точек снятых по методу угловых засечек, производится при помощи транспортира, а по методу линейных засечек – построение треугольника по трем известным сторонам, из которых одна является базисом, а две другие берутся раствором циркуля, и в пересечении дуг, описанных из концов базиса, получается положение снятой точки.

#### **Вопрос 7.4.4. Оформление плана**

Построенный план оформляют тушью в соответствии с условными знаками снятых объектов местности.

Подписывают координатную сетку. Против линий полигона подписывают в виде дроби дирекционные углы (или румбы) в числителе и длины линий в знаменателе. Черта дроби должна быть параллельна оси ординат и находиться на расстоянии примерно 1 см от линии.

В верхней части листа крупным шрифтом подписывают название плана. Внизу под планом указывают масштаб, в нижнем правом углу помещают рамку, в которой указывают фамилию исполнителя.

#### **Вопрос 7.5. Тахеометрическая съемка**

##### **Вопрос 7.5.1. Сущность тахеометрической съемки**

**Тахеометрическая съемка** представляет собой топографическую съемку, в результате которой получают план местности с изображением ситуации и рельефа. Тахеометрическая съемка выполняется самостоятельно для создания планов или цифровых моделей небольших участков местности в крупных масштабах (1:500 - 1:5000) либо в сочетании с другими видами работ. Её результаты используют при ведении земельного или городского кадастра, для планировки населенных пунктов, проектирования отводов земель, мелиоративных мероприятий и т. д. Особенно выгодно её применение для съемки узких полос местности при изысканиях трасс каналов, железных и автомобильных дорог, линий электропередач, трубопроводов и других протяженных объектов.

Слово «*тахеометрия*» в переводе с греческого означает «*быстрое измерение*». Быстрота измерений при тахеометрической съемке достигается

тем, что положение снимаемой точки местности в плане и по высоте определяется одним наведением трубы прибора на рейку, установленную в этой точке.

Тахеометрическая съемка выполняется с помощью технических теодолитов или специальных приборов — *тахеометров*.

При использовании технических теодолитов сущность тахеометрической съемки сводится к определению пространственных полярных координат ( $\beta$ ,  $\nu$ ,  $D$ ) точек местности и последующему нанесению этих точек на план. При этом горизонтальный угол  $\beta$  между начальным направлением и направлением на снимаемую точку измеряется с помощью горизонтального круга, вертикальный угол  $\nu$  - вертикального круга теодолита, а расстояние до точки  $D$  - дальномером. Таким образом, плановое положение снимаемых точек определяется полярным способом, а превышения точек — методом тригонометрического нивелирования.

Преимущества тахеометрической съемки по сравнению с другими видами топографических съемок заключается в том, что она может выполняться при неблагоприятных погодных условиях; кроме того камеральные работы могут выполняться другим исполнителем вслед за производством полевых измерений, что позволяет сократить сроки составления плана снимаемой местности. Кроме того, сам процесс съемки может быть автоматизирован путем использования электронных тахеометров, а составление плана или ЦММ - производить на базе ЭВМ и графопостроителей.

### **Вопрос 7.5.2. Плановое и высотное обоснование тахеометрической съемки.**

До начала полевых работ на топографической карте составляют проект съёмочных ходов. Ходы бывают замкнутые и разомкнутые.

Тахеометрическая съёмка, как и другие съёмки, производится с исходных точек. Сеть таких точек создаётся теодолитно - нивелирными, теодолитно - высотными и тахеометрическими ходами.

Перед началом тахеометрической съёмки на основе существующей геодезической сети строят съёмочную сеть до густоты пунктов, обеспечивающей проложение на территории съёмки тахеометрических ходов с соблюдением технических требований инструкции [7].

Таблица 7.1 - Требования к параметрам тахеометрических ходов

<i>Масштаб съёмки</i>	<i>Максимальная длина хода, м</i>	<i>Максимальная длина сторон, м</i>	<i>Максимальное число сторон в ходе</i>
<i>1:5000</i>	<i>1200</i>	<i>300</i>	<i>6</i>
<i>1:2000</i>	<i>600</i>	<i>200</i>	<i>5</i>
<i>1:1000</i>	<i>300</i>	<i>150</i>	<i>3</i>

При рекогносцировке на местности выбирают направления, по которым должен быть проложен теодолитно - нивелирный ход, точки хода закрепляют кольями, металлическими костылями, трубами. Для обеспечения сохранности пунктов на несколько лет их закрепляют более надёжными знаками.

При выборе вершин хода необходимо обеспечить хорошую видимость оснований всех смежных вершин хода, удобство установки прибора и измерения длин линий.

В **теодолитно - нивелирных** ходах горизонтальные углы измеряют теодолитами, стороны - мерной лентой или дальномерами, а высоты - геометрическим нивелированием. Длины сторон измеряют с относительными ошибками от 1:1000 до 1:3000, допустимую невязку в превышениях на 1 км хода принимают от 20 до 50 мм.

Для более точного определения  $h$  тахеометр устанавливают во второй точке, рейку - в первой и определяют «обратное» превышение  $h_{2-1}$ . Разность абсолютных значений  $h$  и  $h_{2-1}$  не должна превышать 4 мм.

При **тахеометрическом** ходе превышения определяют тригонометрическим методом; горизонтальные углы измеряют теодолитом с точностью 1 - 2', длины сторон хода - дальномером с точностью порядка 1/300 - 1/400.

### **Вопрос 7.5.3. Порядок работы на станции при съёмке ситуации и рельефа**

Съёмку ситуации и рельефа выполняют тахеометром полярным способом. При производстве работ обращают внимание на то, чтобы рейку устанавливали в характерных точках рельефа местности, позволяющих определить направление уклонов, скатов, водоразделов.

#### **Порядок работы на станции:**

1) Тахеометр устанавливают над точкой съёмочного обоснования, центрируют, приводят в рабочее положение.

2) Измеряют высоту инструмента с точностью до 1 см и отмечают её на рейке.

3) Измеряют горизонтальный угол съёмочного обоснования тахеометрического хода, а также углы наклона на заднюю и переднюю точки хода и определяют до них расстояние по дальномеру при **КП** и **КЛ**.

4) По наблюдениям на эти точки вычисляют **МО** вертикального круга.

5) Ориентируют лимб по задней стороне хода, то есть, совместив нулевой штрих лимба и алидады и закрепив алидаду, наводят зрительную трубу на заднюю точку хода, лимб закрепляют.

6) Открыв алидаду при неподвижном лимбе, визируют зрительную трубу на рейку, установленную на снимаемой точке, на то место рейки, где отмечена

высота прибора  $i$  и берут отсчёт: по лимбам горизонтального и вертикального кругов и по дальномеру.

7) По окончании съёмки на станции проводят контроль. Снова берут отсчет по горизонтальному кругу на заднюю точку хода, расхождение с начальным значением должно быть  $\leq 2'$ . Все измерения записывают в журнал.

#### Вопрос 7.5.4. Обработка материалов тахеометрической съёмки

Вычислительная обработка журнала тахеометрической съёмки включает вычисление углов наклона по формуле

$$v = L - MO, \quad (7.2)$$

горизонтального проложения

$$d = D \cos 2v, \quad (7.3)$$

превышения

$$h = (1/2) D \sin 2v + i - v, \quad (7.4)$$

(при  $i = v$  превышение  $h = h' = (1/2) D \sin 2v$ ).

Значения  $d$  и  $h'$  вычисляют с помощью инженерного калькулятора, компьютера или тахеометрических таблиц. При углах наклона  $v \leq 4^\circ$  и расстояниях  $D \leq 150$  м превышения  $h'$  можно вычислять с незначительной погрешностью  $\Delta h' \leq 0,025$  м, пользуясь приближенными формулами

$$h = D \sin v + i - v \quad (7.5)$$

а при  $i = v$

$$h = D \sin v \quad (7.6)$$

#### Вопрос 7.5.5. Построение плана тахеометрической съёмки.

*Составление топографического плана по материалам тахеометрической съёмки*, выполненной с помощью теодолита. Как и при подготовке плана по материалам теодолитной съёмки на бумажную основу наносят координатную сетку, ее оцифровывают соответственно масштабу плана, наносят пункты съёмочного обоснования по их прямоугольным координатам. Затем с помощью геодезического транспортира и масштабной линейки наносят на план съёмочные пикеты по их полярным координатам – горизонтальному углу  $\beta_i$  и расстоянию  $d_i$  (рис.7.5). Для нанесения съёмочных пикетов предназначен тахеометрический транспортир, который закрепляется на плане иглой через отверстие  $O$  в точке  $B$  плана и затем ориентируется относительно линии  $BA$ .

Ситуацию наносят на план согласно абрису. Рядом с высотными точками подписывают их отметки, с учетом которых проводят горизонтали.

*Нанесение на план горизонталей.* Горизонтали – линии равных высот служат для изображения рельефа. На крупномасштабных планах их проводят через 1,0; 0,5; иногда 0,25 м. Горизонтали можно наносить на план с помощью

прозрачной палетки (рис.7.5, б) в виде сетки параллельных линий, прочерченных на листе восковки через равные промежутки величиной  $b$  ( $b \approx 5\text{--}30$  мм), которые должны быть меньше минимального расстояния между горизонталями. Линии палетки подписывают отметками горизонталей для данного участка плана.

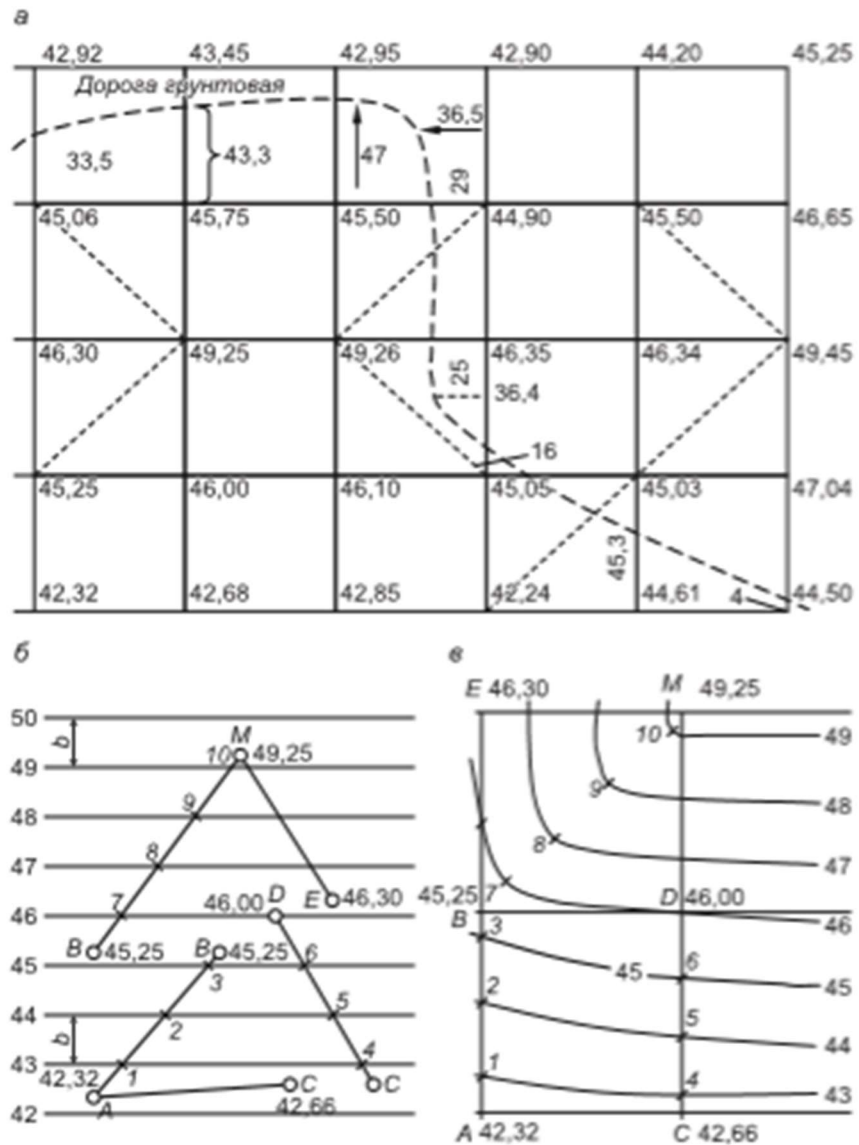


Рис. 7.5. Нанесение на план горизонталей:

а – план участка по материалам нивелирования по квадратам; б – палетка из параллельных линий и ее применение; в – нанесение горизонталей через их след

На рис.7.5, в горизонтали проведены относительно точек, расположенных в вершинах сетки квадратов. Подписи линий палетки соответствуют высоте сечения  $h_c = 1$  м. Палетку кладут на план (рис. 7.5, б) так, чтобы точка  $A$  располагалась между линиями палетки 42 и 43 пропорционально своей отметке  $42,32 \approx 42,3$  м. Прижимают палетку в точке  $A$  заостренным предметом (шариковой ручкой без пасты) и поворачивают в положение, при котором точка  $B$  располагается между линиями 45 и 46 пропорционально своей отметке 45,25. Точки 1, 2, 3 пересечения отрезка  $AB$  линиями палетки переносят на план (рис.7.5, в) – через эти точки (следы) затем пройдут горизонтали. Линию

46 палетки на плане совмещают с точкой  $D$  (ее отметка 46 м) и поворачивают вокруг точки  $D$  в положение, при котором точка  $C$  располагается между линиями 42 и 43 пропорционально своей отметке 42,66. Затем на отрезке  $CD$  плана отмечают точки 4, 5, 6 – следы горизонталей. Аналогично находят следы горизонталей на линиях  $BE$ ,  $BM$ ,  $ME$  и остальных. Затем через равнозначные следы проводят горизонтали – плавные линии, которые местами дополняют подписями их высоты и бергштрихами.

Вычерчивание топографического плана. План, составленный карандашом, тщательно проверяют, после чего вычерчивают тушью, соблюдая образцы начертания и размеры топографических условных знаков, пояснительных надписей, оформления рамок и размещения зарамочных надписей. На практике находят применение готовые условные знаки, которые переносят на план с прозрачной основы.

Отметки высот характерных точек рельефа (вершин повышений, дна понижений) подписывают в количестве до 3–4 отметок на 1 дм<sup>2</sup> плана. На инженерно-топографических планах застроенной территории отметки покрытия дорог, тротуаров, бордюров, люков смотровых колодцев и других наземных инженерных объектов указывают в соответствии с действующими техническими документами.

Пояснительные надписи и цифровые данные располагают параллельно северной (южной) стороне рамки, горизонтали вычерчивают светло-коричневой тушью. На топографическом плане, составленном по материалам нивелирования поверхности, не показывают ни сетку квадратов, ни магистрали, ни поперечники за исключением тех случаев, когда эти данные нужны для составления проектов вертикальной планировки территории и подсчетов объемов земляных масс.

## **Вопрос 7.6. Топографическая съемка застроенных территорий**

### **Вопрос 7.6.1. Особенности крупномасштабных съемок застроенных территорий**

Наиболее сложными геодезическими работами являются съемки застроенных территорий. Этот вид работ регламентируется инструкцией по топографической съемке, строительными нормами и правилами. Съемке и отображению на планах в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500 подлежат все элементы ситуации существующей застройки и благоустройства, подземных и наземных сетей и сооружений, выражающиеся в масштабе плана и предусмотренные для указанных масштабов действующими условными знаками.

Большое число предметов местности и элементов ситуации, зеленых насаждений, выходов подземных сетей, сложная конфигурация архитектурных деталей, требуемая высокая точность нанесения их на план для проектных работ заставляют выполнять съемочные работы с большой тщательностью и надежным контролем.

Высота сечения рельефа на топографических планах устанавливается в соответствии с данными табл. 1

Таблица 7.2. Высоты сечения рельефа в зависимости от масштаба съемки и преобладающих углов наклона углов

Характеристика рельефа и максимально преобладающие углы наклона	Масштаб съемки		
	1:5000	1:2000	1:1000 - 1:500
	Высота сечения рельефа, м		
Равнинный с углами наклона до 2°	(0,5) 1,0	0,5 (1,0)	0,5
Всхолмленный с углами наклона до 4°	(1,0) 2,0	1,0	0,5
Пересеченный с углами наклона до 6°	2,0 (5,0)	(1,0) 2,0	0,5 1,0*
Горный и предгорный с углами наклона более 6°	5,0	2,0	1,0

Возможные (неосновные) высоты сечения рельефа, значения которых приведены в скобках, на топографических планах населенных пунктов допускаются в ограниченных случаях, оговариваемых техническим проектом. В исключительных случаях топографические съемки могут выполняться с высотой сечения через 0,25 м. Это сечение рельефа допускается при съемках в масштабе 1:500-1:1000 подготовленных и спланированных площадей с максимальными преобладающими углами менее 2°. Необходимость такого сечения обосновывается в техническом проекте.

Для изображения характерных деталей рельефа, не выражающихся горизонталями основного сечения, следует применять дополнительные горизонтали (полугоризонтали) и вспомогательные горизонтали. Полугоризонтали обязательно проводят на участках, где расстояния между основными горизонталями превышают 2,5 см на плане.

Рельеф застроенной части территории отображается на плане горизонталями и отметками, которые выписывают на план с округлением до 1 см.

На плане масштаба 1 :500 для территории с плотной застройкой горизонтали не проводят, рельеф характеризуется только отметками точек. Не проводят горизонтали и через карьеры, изрытые места, осыпи и по крутым обрывистым скалам, неимеющим естественного покрова. Эти места обводят контуром, по границе которого и внутри его дают отметки точек.

К съемкам застроенных территорий могут предъявляться и дополнительные требования.

В городах, в районах промышленных комплексов, все новые съемки выполняются, как правило, в ранее принятой системе координат и высот.

Для топографических планов, создаваемых на города и населенные пункты и на участки площадью менее 20 км<sup>2</sup>, как правило, а для масштабов

1:1000 и 1:500 всегда применяется прямоугольная разграфка с размерами рамок для масштаба 1:5000 - 40x40 см, для масштабов 1:2000, 1:1000 и 1:500 - 50x50 см.

### Вопрос 7.6.2. Создание съемочного обоснования

Плотность геодезических сетей определяется масштабом съемки, высотой сечения рельефа. Для выполнения топографических съемок на промышленных площадках, застроенных территориях плотность пунктов должна быть не менее чем до 4 пунктов триангуляции и полигонометрии на 1 км<sup>2</sup> в застроенной части.

Развитием съемочных геодезических сетей достигается плотность, обеспечивающая непосредственное выполнение съемки. Количество пунктов определяется рекогносцировкой. Съемочная сеть развивается от пунктов государственных геодезических сетей, геодезических сетей сгущения 1 и 2 разрядов и технического нивелирования.

Создание съемочного обоснования это дорогостоящее мероприятие. Поэтому на территории населенных пунктов и промышленных площадок все точки съемочных сетей рекомендуется закреплять знаками долговременного закрепления (рис. 7.6 ). Также в качестве пунктов постоянного съемочного обоснования могут выступать выступы капитальных зданий, центры колодцев выходов подземных сетей, стенные нивелирные реперы и д.р. Возможно закрепление точек металлическими костылями, трубками на бетоне, болтами и д.р.

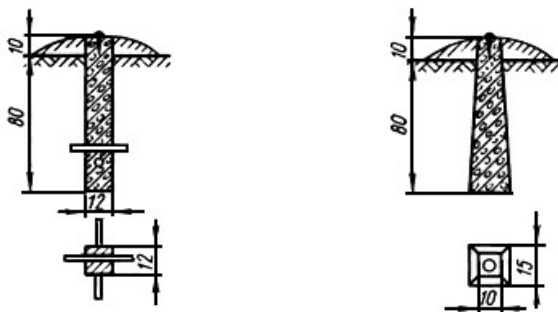


Рис 7,6. Знак долговременного закрепления

Теодолитные ходы прокладываются с предельными относительными погрешностями 1:3000, 1:2000, 1:1000 в соответствии с табл.7.3.

Таблица 7.3. Требования к теодолитным ходам

Масштаб	$m_g = 0,2 \text{ ММ}$			$m_g = 0,3 \text{ ММ}$	
	$\frac{1}{N} = \frac{1}{3000}$	$\frac{1}{N} = \frac{1}{2000}$	$\frac{1}{N} = \frac{1}{1000}$	$\frac{1}{N} = \frac{1}{2000}$	$\frac{1}{N} = \frac{1}{1000}$
Допустимые длины ходов между исходными пунктами, км					
1:2000	3,0	2,0	1,0	3,6	1,5
1:1000	1,8	1,2	0,6	1,5	1,5
1:500	0,9	0,6	0,3	-	-

В системах теодолитных ходов предельные допустимые длины ходов между узловыми точками или между исходным пунктом и узловой точкой должны быть на 30% меньше приведенных в табл.3.3. Длины сторон в теодолитных ходах не должны превышать 350 м и не быть менее 20 м.

При съемке застроенной территории методом перпендикуляров теодолитные хода должны располагаться от линии фасада не далее 8 метров для масштаба 1:2000, 6 м -1:1000 и 4 м – 1:500.

При съемке улиц с высокой интенсивностью движения теодолитные хода прокладывают по двум сторонам улицы. При этом возможно проложение теодолитных ходов 2-х порядков. Хода первого порядка прокладывают по улицам проездам, а хода второго на внутриквартальных территориях (рис 7.7).

Стороны теодолитных ходов измеряются светодальномерами, электронными тахеометрами, стальными 20-метровыми лентами, рулетками и другими приборами, обеспечивающими требуемую точность измерений.

Углы в теодолитных ходах измеряются теодолитами не менее 30-секундной точности одним полным приемом с перестановкой лимба между полуприемами на 90°. При измерении углов теодолитами с односторонним отсчетом по кругам (Т5, Т5К, 2Т5К) достаточно осуществить перевод трубы через зенит между полуприемами с последующей перестановкой лимба на 1-2°. Центрирование теодолитов и марок производится с помощью оптического центрира или отвеса с точностью 3 мм.

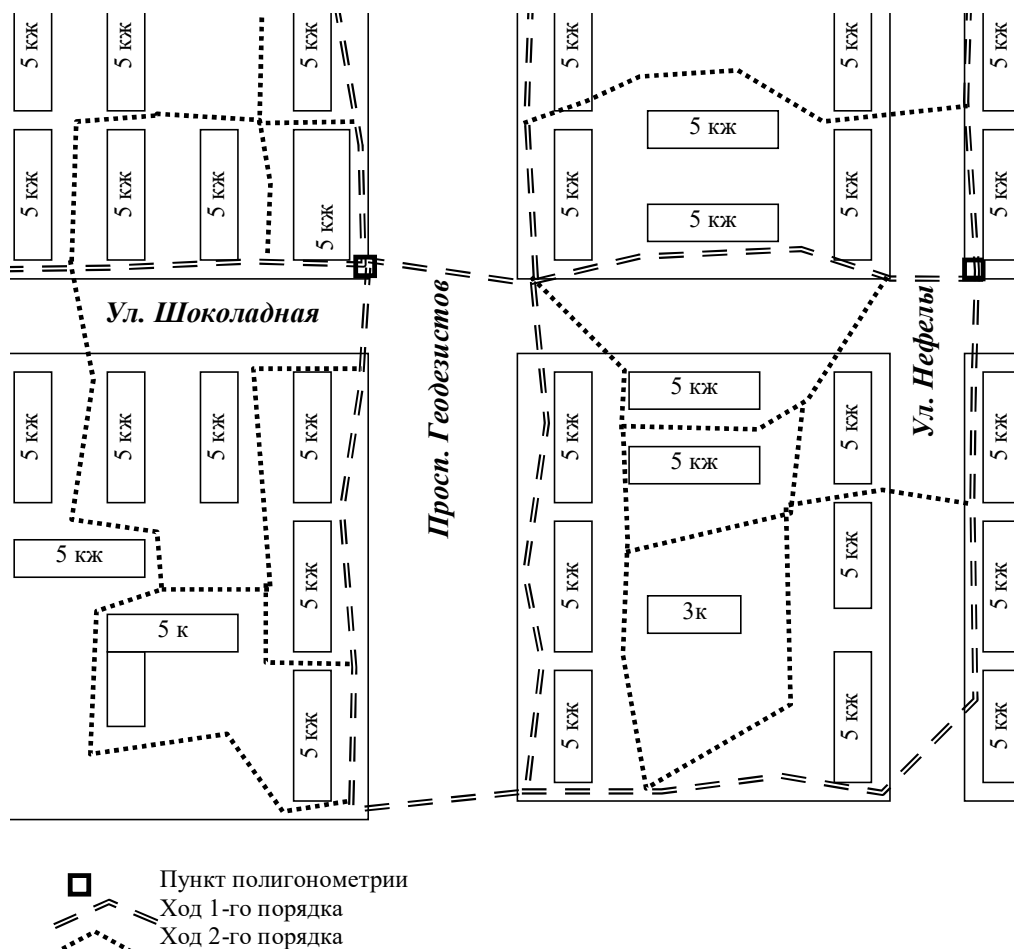


Рис. 7.7. Схема съемочного обоснования на застроенной территории.

После выполнения плановых измерений по точкам съемочного обоснования прокладывают нивелирные ходы.

Уравнивание системы теодолитных и нивелирных ходов выполняют на ЭВМ в специальном программном обеспечении, например в ПК Кредо.

### **Вопрос 7.6.3. Съёмка проездов**

Съёмка застроенных территорий в масштабах 1:500, 1:1000 и 1:2000, как правило, делится на две части — на съёмку фасадов и проездов и внутриквартальную съёмку.

Горизонтальная съёмка проездов производится методами перпендикуляров, линейных засечек, створов, полярным, обмером зданий.

Способ перпендикуляров заключается в следующем. Мерную ленту устанавливают строго в створе линии с помощью теодолита (створные точки намечают через 20 м). Затем из снимаемой точки предмета опускают перпендикуляр и при помощи стальной рулетки измеряют его длину, а по ленте делают отсчет расстояния от точки теодолитного хода до основания перпендикуляра. Если перпендикуляры строятся на глаз, то длина их не должна превышать 4 м (для масштаба 1:500). Более длинные перпендикуляры необходимо подкреплять засечками, величины которых не должны превышать длину мерного прибора (20-50м). С применением экера длину перпендикуляра можно увеличить до 20 м.

Перпендикуляры определяющие углы кварталов, подкрепляют не менее чем двумя засечками. Съёмка способом перпендикуляров позволяет вычислить координаты углов зданий и других твердых контуров ситуации. Для контроля необходимо обмерить габариты всех строений. Кроме того обмеры по фасадам. Ленту укладывают непосредственно по линии фасада и берут нарастающие отсчеты от угла квартала против всех точек, которые были сняты со съемочной линии. На перекрестках проездов измеряют диагональные расстояния между углами кварталов и ширину проездов, образуя линейный четырехугольник.

Способ линейных засечек заключается в следующем. Ленту укладывают в створе съемочной линии. От двух точек ленты, совпадающих с целыми метрами, измеряют рулеткой расстояния до снимаемой точки. При этом должен образоваться треугольник близкий к равностороннему. Длина засечек не должна превышать длину мерного прибора. Определение положения точки при помощи двух засечек будет бесконтрольным. Поэтому для контроля делают третий промер.

Пример съёмки части проезда с линии 23-24 теодолитного хода показан на рис.7.8

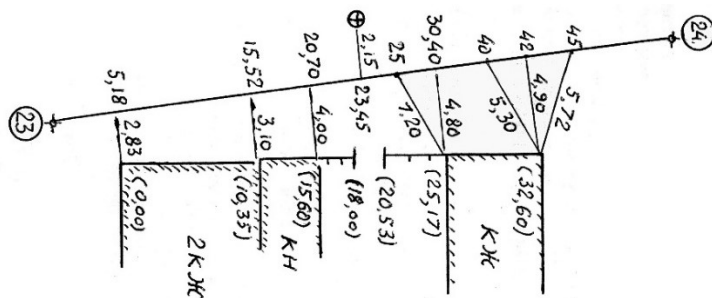


Рис.7.8. Абрис съемки проезда.

Способ полярных направлений применяют для съемки контуров ситуации, удаленных от съемочного хода. При измерении нитяным дальномером расстояния до четких контуров не должны превышать 40 м, а при измерении лентой – 120 м. Для нечетких контуров соответственно 80 и 150 м. Полярные направления можно использовать для съемки второстепенной ситуации (деревья, кусты и т.п.).

Способ створов рекомендуется применять при съемке внутриквартальной ситуации и полевом контроле составленных планов. Например, со створной линии между твердыми точками А и В (рис.7.9). снимаются перпендикулярами столб, дерево и линейной засечкой колодец канализации. Можно использовать створ продленной линии, например, створ стены дома №10 (рис.7.10).

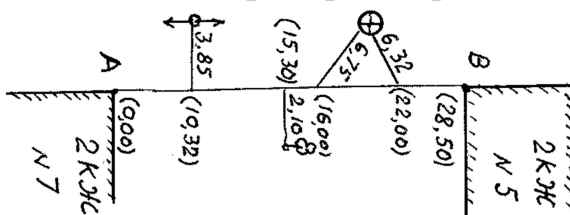


Рис.7.9. Абрис съемки со створной линии.

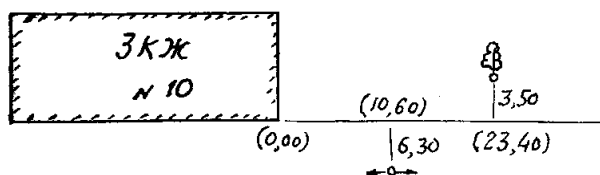


Рис.7.10 Абрис съемки со створа продленной линии.

*Нивелирование проездов* выполняется с целью получения продольных и поперечных профилей, необходимых для решения ряда инженерных задач, связанных с проектированием и строительством.

Работы по нивелированию проездов делят на две части — разбивку пикетов и точек поперечных профилей и их нивелирование. Все нивелируемые точки поперечных профилей наносят на копию плана проезда. При отсутствии такого плана точки поперечных профилей разбивают одновременно с ведением абриса. В абрисе показывают привязку точек поперечных профилей к фасадам зданий или другим контурам. Работы по нивелированию проездов целесообразно вести одновременно с их съемкой.

Разбивку пикетов можно вести по фасадам зданий (фасадным линиям) или по оси проезда. Разбивку пикетов по фасадным линиям обычно производят одновременно со съемкой во время измерения линий 20-метровыми лентами, 20- или 50-метровыми стальными рулетками. Основные пикеты, которые необходимо снять для построения поперечного профиля улицы, приведены на рис. 7.11. Количество пикетов зависит от сложности планировки улицы. Для масштаба 1:500 такую поперечную съемку необходимо выполнять с интервалом 15-20 м.

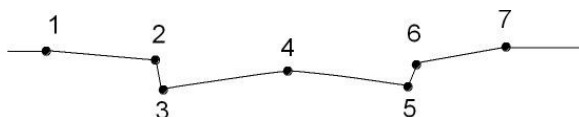


Рис 7.11. Расположение пикетных точек для построения поперечного профиля.

### Вопрос 7.6.4. Внутриквартальная съемка

Съемку внутри кварталов рекомендуется выполнять после съемки проездов и нанесения ситуации на план. Съемку можно выполнять с висячих теодолитных ходов. Здесь применяются все рассмотренные способы. Для упрощения процесса съемки при выполнении внутриквартальной съемки выполняют обмеры зданий сооружений результаты которых наносят в абрисе (рис. 7.12). Полярным способом снимают 2 или большее количество углов вычисляют их координаты. По координатам наносят углы, а способом перпендикуляров по абрису строят контур здания.

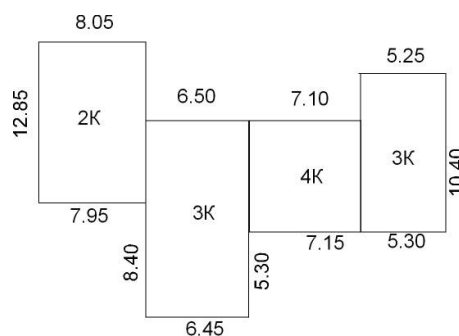


Рис 7.12. Пример абриса с результатами обмера здания

*Нивелирование кварталов* рекомендуется производить после того, как произведена горизонтальная съемка застроенной территории. При наличии копии с планов съемка рельефа нивелиром значительно упрощается. При отсутствии плана необходимо составлять специальные абрисы. Пикеты намечают у зданий, контуров ситуации и на характерных точках рельефа. На копии плана пикеты нумеруют и отмечают кружком. Отсчеты по рейкам записывают в нивелирном журнале. Направление скатов, лоцин и тальвегов показывают стрелками.

На каждой станции необходимо иметь не менее двух контрольных пикетов, которые бы нивелировались с другой станции. Сравнение контрольных

пикетов, вычисленных на различных станциях, даст возможность судить о точности полученных отметок, расхождения между которыми допускаются до 20 мм. Контрольные пикеты выбирают на таких точках, которые не могут изменить свою высоту за время производства работ на данном участке. Такими точками могут служить каменные ступеньки, цоколи зданий, люки колодцев, выходов подземных сооружений, костыли, забитые в асфальт, и деревянные колышки, забитые в землю.

Кроме отметок, характеризующих рельеф, определяют находящиеся внутри кварталов выходы подземных сооружений (колодцы, водосточные решетки, приемники), входы в капитальные здания со стороны двора, бровок, дна кюветов и канав. У всех водоемов (рек, ручьев, прудов) определяют урезы воды, при этом колышек забивают так, чтобы уровень поверхности воды совпадал с поверхностью колышка.

### **Вопрос 6.6.5. Съёмка подземных коммуникаций**

При отсутствии инженерно-топографических планов или исполнительных чертежей, их недостаточной полноте или точности, выполняется съёмка подземных и надземных инженерных коммуникаций. Съёмка выполняется одновременно с топографической съёмкой методами и средствами, принятыми для горизонтальной и высотной съёмок застроенных территорий.

Комплекс работ по съёмке существующих подземных и надземных инженерных коммуникаций включает: сбор и анализ имеющихся материалов, рекогносцировку; обследование подземных и надземных сооружений; плановую и высотную съёмку выходов подземных сооружений на поверхность земли; поиск и съёмку подземных сооружений, не имеющих выходов на поверхность земли; составление плана подземных и надземных инженерных коммуникаций с их техническими характеристиками и согласование его полноты с эксплуатирующими организациями.

До начала полевых работ по съёмке существующих подземных и надземных сооружений должны быть собраны исполнительные чертежи, инженерно-топографические планы, проектные, инвентаризационные и другие материалы о наличии, технических характеристиках и планово-высотном положении подземных и надземных сооружений. На основе анализа собранных материалов устанавливается возможность их использования в намечаемых работах.

Рекогносцировка производится для отыскания на местности по внешним признакам местоположения и назначения подземных инженерных коммуникаций.

При обследовании подземных трубопроводов, в зависимости от их назначения, должны быть определены следующие элементы и технические характеристики:

- назначение коммуникации;
- материал, количество и наружный диаметр труб;
- характеристика сети (напорная, самотечная);

- тип прокладки (канальная или бесканальная);
- тип канала (проходной, полупроходной, непроходной);
- материал и внутренние размеры канала;
- давление газа (низкое, среднее, высокое);

Для кабельных сетей определяют.

- напряжение электрических кабелей (высоковольтные - 6 кВ и выше, низковольтные);
- направление (номера трансформаторных подстанций) для высоковольтных кабелей;
- условия прокладки (в канализации, в коллекторах, бронированный кабель);
- принадлежность кабелей связи и др.

Габариты камер и колодцев надлежит отображать в масштабе плана, если их площадь составляет в натуре более 4 м<sup>2</sup> при съемке в масштабе 1:500 и 9 м<sup>2</sup> при съемке в масштабе 1:1000.

При съемке подземных и надземных коммуникаций должны быть отражены:

по трубопроводам

- ось трубопровода, углы поворота, вводы в дома, выпуски, центры люков колодцев, водозаборные и питьевые колонки, пожарные гидранты и поливочные краны;

кабельным сетям

- ось кабелей, вводы и выходы в здания и сооружения, центры люков колодцев, распределительные шкафы, коробки, щиты, телефонные будки;

Нивелирование подземных сооружений включает определение с точностью технического нивелирования высот люков (обечаяек) всех колодцев, а также высот, расположенных в колодце труб, лотков, каналов и кабелей промерами от обечайки с отсчетом до 1 см.

В колодцах и камерах подлежат нивелированию:

- в самотечных сетях - дно лотка; в перепадных колодцах, кроме того, высота низа входящей трубы; в колодцах-отстойниках - дно колодца, низ входящей и выходящей трубы;

- в каналах и коллекторах - верх и низ каналов (коллекторов);

- в кабельных сетях - место пересечения кабеля со стенками колодца или верх пакета при кабельной канализации.

Фиксация точек скрытых подземных коммуникаций выполняется с помощью приборов поиска, как правило, через 20, 30, 50 и 100 м при съемках в масштабах 1:500, 1:1000, 1:2000 и 1:5000 соответственно.

Результаты съемки и обследования инженерных коммуникаций могут быть представлены в виде данных, полученных с регистрирующих устройств или других носителей информации.

Средние погрешности в положении на инженерно-топографических планах скрытых точек подземных сооружений, определенных с помощью приборов поиска, относительно ближайших капитальных зданий и точек съемочной геодезической сети, не должны превышать 0,7 мм в масштабе плана.

Планы подземных и надземных коммуникаций составляются совмещенными с топографическими планами в результате чего получается инженерно-топографический план. Также планы подземных и надземных инженерных коммуникаций могут быть представлены и в виде цифровых моделей местности.

## **Вопрос 7.7. Определение площадей**

### **Вопрос 7.7.1. Способы вычисления площадей.**

Сам по себе план является графическим отображением местности на бумаге. Для получения и отображения данных на нем необходимо вычислить площади, окончательно определить длины линий, углов, горизонтальных положений и т. п.

Площади земельных участков вычисляют для самых различных целей как в сельскохозяйственном производстве, так и при проведении землеустроительных мероприятий. Площади нужно знать в административных целях (площади района, области и т. д.) для постоянного ведения земельного кадастра территории, определения реального состояния, качества и стоимости земель, проведения земельного налогообложения и т. п.

Сельскохозяйственными предприятиями различных форм собственности необходимо знать как общую площадь землепользования, так и каждого вида земель (пахотных, луговых и под постоянными культурами, лесопокрытых, заболоченных, , дороги, под водными объектами и пр.), площадь каждого поля севооборота, уметь определять площадь сельскохозяйственных земель, с которых убирают урожай и т. д.

Площади определяют путем выполнения измерений на местности или по готовому плану (топографической карте). Площади земельных участков измеряют чаще всего в квадратных метрах, в гектарах и в квадратных километрах.

Существует три основных способа определения площадей: **г р а ф и ч е с к и й**, когда площадь вычисляется по данным, взятым графически с плана или карты; **а н а л и т и ч е с к и й**, когда площадь вычисляют непосредственно по результатам полевых измерений или по их функциям – координатам вершин участка; **м е х а н и ч е с к и й**, когда площадь определяется по плану при помощи специальных приборов, называемых планиметрами.

Часто эти способы применяются комбинированно. Например, общая площадь участка определяется аналитическим способом, а площадь внутренних контуров – графическим или механическим. Рассмотрим каждый из вышеуказанных способов более подробно.

Наиболее точным, но требующим больших материальных затрат на производство полевых измерений, является аналитический способ, так как на точность вычисленной площади этим способом влияют только погрешности измерений на местности, и следовательно, точность его не зависит от точности

плана. Его применяют для вычисления площадей землепользований, полей севооборотов и т. д., когда по границам их проложены теодолитные ходы и полигоны.

### Вопрос 7.7.2. Аналитический способ.

Исходными данными для вычисления площади является план теодолитной съемки и координаты  $X$  и  $Y$  вершин полигона (землепользования), предварительно вычисленные при выполнении предыдущей лабораторной работы (табл. 1.1). Фрагмент плана теодолитной съемки приведен на рис. 1.1.

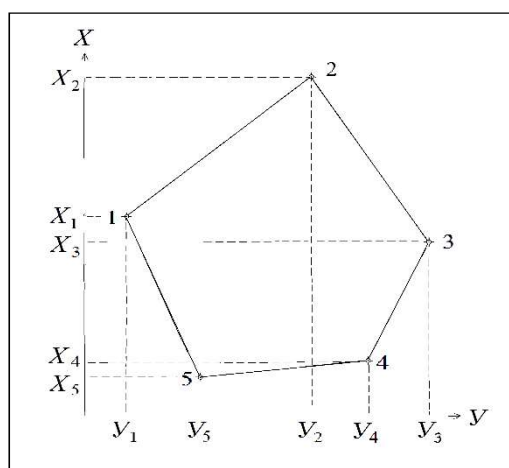


Рис. 7.13. Вычисление площади полигона по координатам

Площадь полигона равна половине суммы произведений ординаты каждой точки на разность абсцисс предыдущей и последующей точек:

$$P = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n Y_i (X_{i-1} - X_{i+1}), \quad (7.7)$$

где  $n$  – количество вершин полигона;

$i$  – порядковый номер вершины;

$X, Y$  – координаты вершин полигона.

Для контроля вычисления площади используют формулу (1.2): площадь полигона равна половине суммы произведений абсциссы каждой точки на разность ординат последующей и предыдущей точек.

$$P = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n X_i (Y_{i+1} - Y_{i-1}). \quad (7.8)$$

Совпадение сумм произведений указывает на отсутствие ошибок в вычислениях.

Окончательный результат вычисления площади выражают в гектарах с округлением до 0,00001.

Точность определения площади полигона по координатам его вершин составляет 1/1000 измеряемой величины. При определении площади участка

этим способом на точность влияют только погрешности измерений углов и линий на местности, по которым вычисляются координаты вершин. Поэтому аналитический способ вычисления площадей наиболее точный.

### Вопрос 7.7.3. Вычисление площади участка по результатам измерений линий на плане

Графический способ – это вычисление площади геометрических фигур по результатам измерения линий на плане или карте. К графическому способу относится также определение площадей криволинейных участков с помощью палетки.

Участок на плане разбивают на простейшие геометрические фигуры, преимущественно треугольники, реже – прямоугольники и трапеции. В каждой фигуре измеряют высоту и основание, по которым вычисляют площадь. Суммированием площадей отдельных фигур получают площадь участка.

При определении площадей участков на топографических планах и картах стороны и высоты геометрических фигур измеряют с помощью поперечного масштаба. Площади отдельных геометрических фигур вычисляют по известным формулам:

$$\begin{array}{ll} \text{- треуголь-} & P = \frac{1}{2} a \cdot h; \\ \text{ник:} & \end{array} \quad (7.9)$$

$$\begin{array}{ll} \text{- квадрат:} & P = a^2; \end{array} \quad (7.10)$$

$$\begin{array}{ll} \text{- трапеция:} & P = \frac{1}{2}(a + b) \cdot h; \end{array} \quad (7.11)$$

$$\begin{array}{ll} \text{- ромб:} & P = a \cdot h; \end{array} \quad (7.12)$$

$$\begin{array}{ll} \text{- прямоуголь-} & P = a \cdot b; \\ \text{ник:} & \end{array} \quad (7.13)$$

$$\begin{array}{ll} \text{- параллело-} & P = a \cdot h, \\ \text{грамм:} & \end{array} \quad (7.14)$$

где  $a, b$  – длины сторон (оснований);

$h$  – высота.

Для контроля площади отдельных геометрических фигур вычисляют дважды по двум разным основаниям и высотам. Допустимое расхождение между двумя значениями площади рассчитывают по следующей формуле:

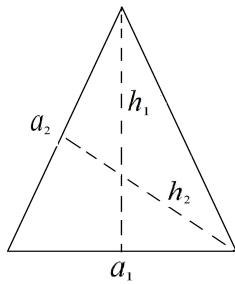
$$\Delta P_{\text{доп}} = 0,05 \frac{M}{10000} \sqrt{P}, \quad (7.15)$$

где  $M$  – знаменатель численного масштаба плана;

$P$  – среднее значение площади фигуры.

Этим способом в данной лабораторной работе вычисляем площади: сада, ручья, сенокоса заболоченного, под домом.

Например, при вычислении площади сада получены данные:



$$\begin{aligned}
 a_1 &= 129,2 \text{ мм}; & a_2 &= 177,6 \text{ мм}; \\
 h_1 &= 126,4 \text{ мм}; & h_2 &= 92,0 \text{ мм}; \\
 P_1 &= 8165,44 \text{ м}^2; & P_2 &= 8169,60 \\
 & & & \text{м}^2; \\
 \Delta P &= 8169,60 - 8165,44 = 4,16 \text{ м}^2 \\
 &= 0,0004 \text{ га}; \\
 \Delta P_{\text{доп}} &= 0,05 \frac{2000}{10000} \sqrt{0,8} = 0,0089 \text{ га}; \\
 P_{\text{ср}} &= 8167,52 \text{ м}^2.
 \end{aligned}$$

#### Вопрос 7.7.4. Определение площади участка способом палетки

Палетка – это лист прозрачной бумаги, на которой нанесена сетка квадратов или параллельных линий.

Квадратная палетка применяется для определения площадей криволинейных контуров не более 2 см<sup>2</sup> на плане.

Палетку с квадратами накладывают на замкнутый контур (рис. 2.1) и подсчитывают, сколько полных квадратов содержится в данном участке. При этом доли неполных квадратов считают отдельно, переводя затем их сумму в полные квадраты.

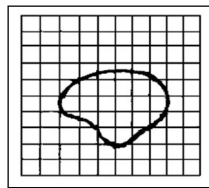


Рис. 7.14. Определение площади квадратной палеткой

Площадь участка вычисляют по формуле

$$P = n \cdot a^2, \quad (7.16)$$

где  $a$  – длина стороны квадрата;

$n$  – количество квадратов на участке.

Недостаток применения квадратной палетки состоит в том, что площади неполных квадратов приходится оценивать на глаз, а при подсчете количества целых клеток можно допустить ошибки. Точность измерения квадратной палеткой составляет примерно 1/100.

Параллельную палетку применяют для участков, площадь которых на плане составляет до 10 см<sup>2</sup>. На палетку наносят параллельные линии через 2 мм (рис. 2.2).

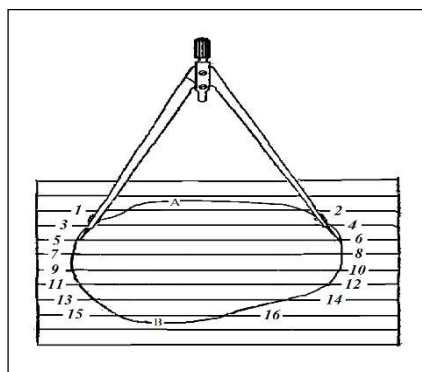


Рис. 7.15. Определение площади параллельной палеткой

Параллельную палетку накладывают на измеряемый контур так, чтобы крайняя верхняя точка *A* и крайняя нижняя точка *B* находились примерно между параллельными линиями.

Найдя суммарную длину отрезков параллельных линий (1–2, 3–4 и т. д.), проходящих внутри контура, и умножив ее на высоту трапеции (*h*), получим площадь контура:

$$P = \sum \ell \cdot h. \quad (7.17)$$

Например, масштаб составляемого плана 1:2000,  $h = 4$  м, сумма средних линий равна 252 м, тогда площадь контура будет равна 1008 м<sup>2</sup>, или 0,1008 га.

Для упрощенного определения площади контура сумму параллельных линий набирают последовательно в раствор измерителя, затем определяют ее длину по масштабной линейке.

В данной лабораторной работе площадь пруда вычисляется с применением квадратной или параллельной палетки.

### Вопрос 7.7.5. Механический способ определения площадей

Из многочисленных конструкций планиметров наиболее широкое распространение получила модернизированная модель полярного планиметра ПП-М (рис. 3.1).

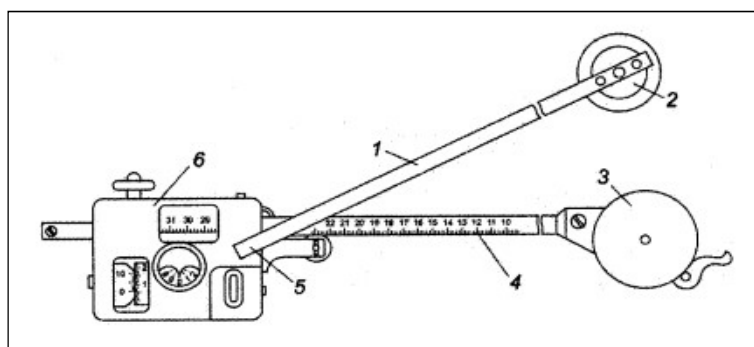


Рис. 7.16. Общий вид полярного планиметра ПП-М

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

Каретка *6* имеет счетный механизм (рис. 3.2), который состоит из счетного ролика *8* и счетчика целых оборотов счетного ролика *7*.

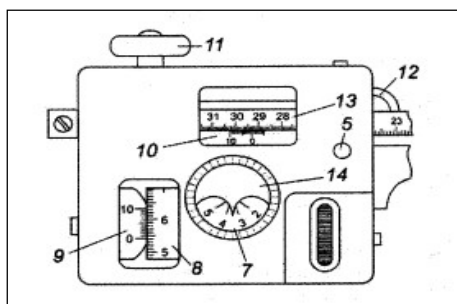


Рис. 7.17. Устройство каретки со счетным механизмом полярного планиметра ПП-М

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

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

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

Отсчет по планиметру состоит из четырех цифр. Например, на рис. 3.3 отсчет по счетному механизму составляет 4565.

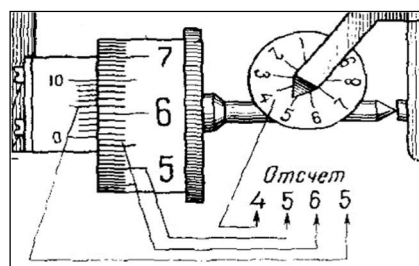


Рис. 7.18. Отсчет по счетному механизму

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

При работе с планиметром необходимо соблюдать следующие условия:

- план натягивают на гладкой горизонтальной поверхности;
- полюс планиметра устанавливают вне обводного контура, бегло обводят его и убеждаются в том, что углы между рычагами не менее  $30^\circ$  и не более  $150^\circ$ , при этом следя за тем, чтобы обводное колесо не соскакивало с поверхности плана;
- начальную точку контура для установки обводного рычага выбирают так, чтобы в начале обвода счетный ролик вращался медленно, а угол между рычагами планиметра был приблизительно равен  $90^\circ$ ;
- ручку обводного рычага нужно держать свободно, без напряжения;
- обвод по контуру производят равномерно, но не быстро.

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

Цена деления планиметра  $C$  – это площадь (в га или  $m^2$ ), соответствующая одному делению планиметра ( $\tau$ ). Ее теоретическая величина определяется по формуле

$$C = R \cdot \tau \cdot M^2, \quad (7.18)$$

где  $R$  – длина обводного рычага;

$\tau$  – одно деление планиметра, равное  $1/1000$  ободка счетного ролика;

$M$  – знаменатель численного масштаба плана.

Цену деления планиметра определяют при фиксированной длине рычага  $R$ . Устанавливают длину рычага  $R$ , закрепив эту величину с помощью винта. Например, на рис. 3.4 длина обводного рычага  $R$  равна  $155,9$  мм.

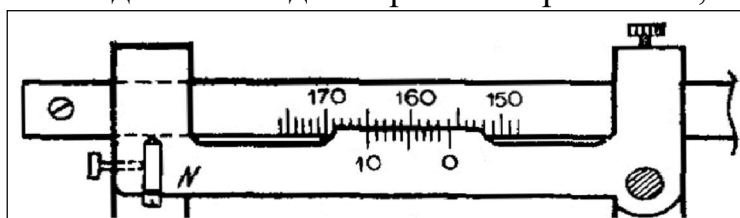


Рис. 7.19. Установка длины обводного рычага

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

Например, при обводе квадрата получили следующие отсчеты:

$$\begin{aligned}u_1 &= 2508; \\u_2 &= 3547; \\u_3 &= 4587.\end{aligned}$$

Их разности составили:

$$\begin{aligned}\Delta u_1 &= u_2 - u_1 = 3547 - 2508 = 1039; \\ \Delta u_2 &= u_3 - u_2 = 4587 - 3547 = 1040.\end{aligned}$$

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

Далее определяют цену деления планиметра по следующей формуле:

$$C = \frac{P_0}{\Delta u_{\text{ср}}} = \frac{4}{1039,5} = 0,00385 \text{ га.} \quad (7.19)$$

Чтобы повысить точность определения цены деления планиметра, квадрат координатной сетки обводят четыре раза: два раза при положении полюс право (ПП), два раза при положении полюс лево (ПЛ). Цену деления вычисляют до четырех значащих цифр. Результаты по определению цены деления планиметра записывают в табл. 3.1.

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

$$C_2 = \left( \frac{M_2^2}{M_1^2} \right) \cdot C_1. \quad (7.20)$$

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

$$R_2 = \left( \frac{C_2}{C_1} \right) \cdot R_1. \quad (3.4)$$

Площадь контура пашни определяют на плане теодолитной съемки с помощью планиметра следующим образом. Установив обводную точку над какой-либо точкой контура, снимают по счетному механизму начальный отсчет  $u_1$ . В нашем примере величина  $u_1 = 4759$ .

После обвода контура снимают конечный отсчет  $u_2$ . В нашем случае  $u_2 = 5233$  (табл. 3.1). Затем находят разность двух отсчетов:  $\Delta u_1 = u_2 - u_1 = 5233 - 4759 = 474$ . Для контроля контур обводят дважды и вычисляют вторую разность отсчетов:

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

При допустимом расхождении между  $\Delta u_1$  и  $\Delta u_2$  не более четырех делений планиметра вычисляют среднее значение разностей  $\Delta u_{\text{ср}}$ . В нашем примере  $\Delta u_{\text{ср}} = 473,5$  (табл. 3.1).

Это значение соответствует площади контура пашни, выраженной в делениях планиметра. В нашем примере величина  $P = \Delta u_{\text{ср}} = 473,5$  деления планиметра. Зная цену деления планиметра  $C$  (в га или  $\text{м}^2$ ) площадь пашни вычисляют по формуле

$$P = C \cdot \Delta u_{\text{ср}}. \quad (7.21)$$

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

### Вопрос 7.7.6. Увязка площадей контуров ситуации

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

$$f_P = \sum P_{\text{пр}} - \sum P_{\text{т}}, \quad (7.22)$$

где  $P_{\text{пр}}$  – практическая площадь полигона, определяемая как сумма площадей отдельных контуров;

$P_{\text{т}}$  – теоретическая площадь полигона, определенная по координатам вершин аналитическим способом.

Допустимая невязка в сумме площадей контуров определяется по следующей формуле:

$$f_{P_{\text{доп}}} = 0,7C\sqrt{n} + 0,05 \frac{M}{10000} \sqrt{P}, \quad (7.23)$$

где  $C$  – цена деления планиметра, га;

$n$  – число контуров;

$M$  – знаменатель численного масштаба плана;

$P$  – площадь полигона, га.

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

$$\delta_{P_i} = -\frac{f_P}{\sum P_i} P_i. \quad (7.24)$$

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

$$P_{ув_i} = P_i + \delta P_i. \quad (7.25)$$

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

По данным ведомости вычисления площадей контуров составляем кальку контуров в масштабе 1:2000 (рис. 4.1) и экспликацию (табл. 7.4).

В сумме все виды земель должны давать общую площадь полигона (землепользования).

Таблица 7.4. Экспликация земель га

Общая площадь	Пашня	Огород	Сенокос			Пастбище	Сад	Кустарник	Под водными объектами			Под домом
			Итого	В том числе					Итого	В том числе		
				сенокос заболо-	сенокос сухо-					ручей	пруд	
7,64784	1,82515	0,35830	1,71081	0,54016	1,17065	0,50267	0,81305	2,14470	0,27939	0,10894	0,17045	0,01377