

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЪЕМОЧНОГО ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ОБЪЕКТА ИЗЫСКАНИЙ

**Цель упражнения** – изучить параметры и освоить методы построения плано-высотной съемочной геодезической сети для площадного объекта.

### **Основные задачи.**

1. Изучить исходные данные и вычертить схему участка (объекта) изысканий в масштабе 1:10000 по координатной сетке.

2. Нанести на схему исходные пункты государственной геодезической сети по их координатам.

3. Изучить возможные схемы привязки и развития съемочной геодезической сети.

4. Установить основные параметры съемочной сети для условия заданного объекта и наметить положение ее пунктов на схеме;

5. Определить координаты одного-двух пунктов съемочной сети методом угловой засечки.

6. Вычертить проект съемочного обоснования объекта с использованием методов теодолитных ходов и триангуляционных построений.

**Исходные данные:** 1) схема участка в масштабе 1:25000 с границами объекта изысканий и ситуаций.

2) назначение (вид) проектируемого объекта – осушение, культуртехника, КИВР, ОСТ и т. д.

3) масштаб намечаемой топографической съемки – 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500.

4) предельная относительная погрешность теодолитных ходов ( $1/N$ ) –  $1/3000$ ;  $1/2000$ ;  $1/1000$ ;

5) координаты (X, Y) исходных пунктов опорной (государственной) геодезической сети (приложение 3).

6) литература [1, 4, 5, 17].

### **Теоретическая часть.**

Съемочное обоснование (или съемочная геодезическая сеть) – это система закрепленных на территории объекта геодезических пунктов (точек) с известными координатами, которая создается путем сгущения геодезической плано-высотной основы до необходимой плотности с целью выполнения топографической съемки требуемого масштаба.

Съемочная сеть развивается от пунктов государственной геодезической сети, сетей сгущения 1-го и 2-го разрядов, нивелирования IV класса и технического нивелирования.

Пункты сетей съемочного обоснования на мелиоративных и водохозяйственных объектах определяются следующими методами и их сочетанием:

– проложением теодолитных ходов с относительной погрешностью не грубее  $1/2000$ ;

- построением съемочных триангуляционных сетей и цепочек треугольников;
- построением угловых засечек (прямых, обратных, комбинированных) и других геодезических фигур (четырёхугольников, центральных систем, вставок в твердый угол и т.п.);
- проложением мензульных ходов и съемочных поперечников;
- проложением нивелирных ходов 4-го класса и технического нивелирования.

Прежде чем приступить к созданию на объекте съемочного обоснования, необходимо составить его проект, на котором намечено положение пунктов съемочной сети, приняты методы ее развития и привязки в зависимости от конкретных условий. С этой целью студенты индивидуально вычерчивают схему участка в масштабе 1:10000 с ситуацией и опорными исходными пунктами по координатной сетке.

При определении схем развития и привязки съемочной сети необходимо учитывать следующее. Плотность пунктов съемочной сети должна быть достаточной для обеспечения технических требования выполнения топографической съемки. Общее количество съемочных точек (временные, долговременные, исходные) на 1 км<sup>2</sup> должно быть не менее 5, 14, 48 и 80 соответственно для масштабов топосъемки 1:5000; 1:2000; 1:1000 и 1:500.

Одним из основных методов развития съемочной сети в плановом отношении является проложение *теодолитных ходов*, которые могут применяться в открытой и закрытой местности. Допустимая длина теодолитного хода между исходными пунктами зависит от масштаба съемки, значения  $m_s$ , и относительной погрешности длины линии  $1/N$ .

**Т а б л и ц а 1.1. Допустимые длины теодолитных ходов между исходными пунктами съемочного обоснования, км**

Масштаб съемки	$m_s = 0,2$ мм (открытая местность)			$m_s = 0,3$ мм (закрытая местность)	
	$\frac{1}{N} = \frac{1}{3000}$	$\frac{1}{N} = \frac{1}{2000}$	$\frac{1}{N} = \frac{1}{1000}$	$\frac{1}{N} = \frac{1}{2000}$	$\frac{1}{N} = \frac{1}{1000}$
1:5000	6,0	4,0	2,0	6,0	3,0
1:2000	3,0	2,0	1,0	3,6	1,5
1:1000	1,8	1,2	0,6	1,5	1,0
1:500	0,9	0,6	0,3	–	–

Допускается проложение висячих теодолитных ходов, число сторон которых не должно превышать трех на незастроенной территории и четырех – на застроенной. Длины этих ходов соответственно приведенным в табл. 2.1 масштабам съемки не должны превышать 0,35; 0,20; 0,15; и 0,10 км на незастроенной территории и 0,50; 0,30; 0,20 и 0,15 км – на застроенной.

Длины сторон в теодолитных ходах на незастроенной территории должны находиться в пределах 40–350 м, на застроенной – в пределах 20–350 м.

Предельная длина *магистральных* теодолитных ходов, прокладываемых вдоль проектируемых или реконструируемых *линейных* сооружений (каналов, дамб обвалования и т.п.) и рек, не должна превышать 20 км. Длина линий в этих ходах должна быть в пределах 40...1000 м; относительная погрешность ходов – не более 1/1000.

Схемы теодолитных ходов показаны на рис. 1.1

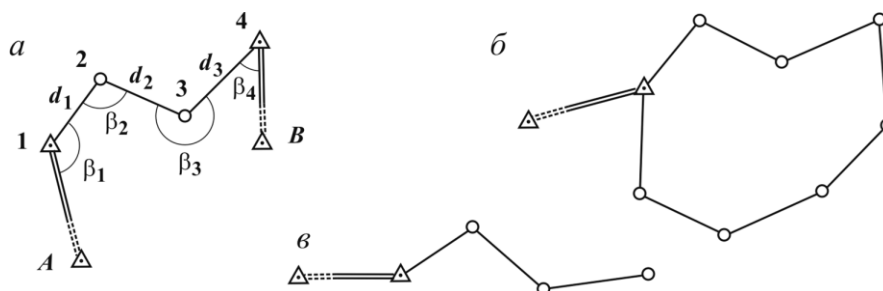


Рис. 1.1. Схемы теодолитных ходов: *а* – разомкнутого; *б* – замкнутого; *в* – висячего

В открытой местности съемочные сети взамен теодолитных ходов могут развиваться методами *триангуляции* в виде несложных сетей треугольников, цепочек треугольников, а также вставок отдельных пунктов, определяемых засечками,

Триангуляционные построения, включающие более двух определяемых пунктов, должны опираться не менее чем на две исходные стороны. В качестве исходных могут служить стороны триангуляции 1-го и 2-го разрядов и полигонометрии, а также специально измеренные с погрешностью не грубее 1/5000 базисной стороны.

Предельное расстояние между исходными пунктами (сторонами), на которые опирается система треугольников, и наибольшее количество последних приведены в табл. 2.2.

Т а б л и ц а 1.2. Характеристика триангуляционной съемочной сети

Показатели	Масштаб топосъемки			
	1:50 00	1:20 00	1:10 00	1:5 00
Предельная длина цепочки треугольников (расстояние между исходными пунктами), км	4,0	2,0	1,2	0,6
Наибольшее количество треугольников между исходными сторонами (пунктами)	20	17	15	10

При построении триангуляционных съемочных сетей углы треугольников должны быть не менее  $20^{\circ}$ , а длины сторон находиться в пределах 150–500 м.

Возможные схемы развития съемочной сети триангуляционными построениями показаны на рис. 2.7.

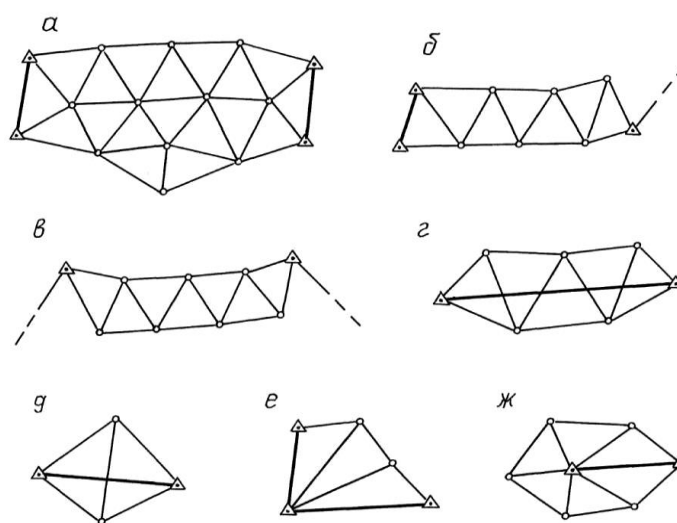


Рис. 1.2. Развитие съемочной сети триангуляционными построениями: а - сеть треугольников между двумя исходными сторонами; б - цепочка треугольников между стороной и пунктом; в, з - цепочки треугольников между двумя пунктами; д - геодезический четырехугольник; е - вставка в угол; ж - центральная система.

Условные обозначения:  $\Delta$  - исходный пункт;  $\circ$  - определяемая точка; ——— исходная сторона триангуляции; — — — — — односторонние направления

При *плановой привязке* съемочного обоснования к исходным пунктам геодезической опоры исходя из конкретных условий объекта и ситуации могут использоваться следующие методы:

- проложение замкнутого теодолитного хода (полигона) при наличии одного исходного пункта;
- проложение разомкнутого теодолитного хода при наличии двух и более исходных пунктов;
- применение триангуляционных построений;
- угловые, линейные и комбинированные засечки;
- решение на местности отдельных геодезических задач при наличии и определении неприступных расстояний.

Пример съемочной геодезической сети приведен на рис. 1.3.

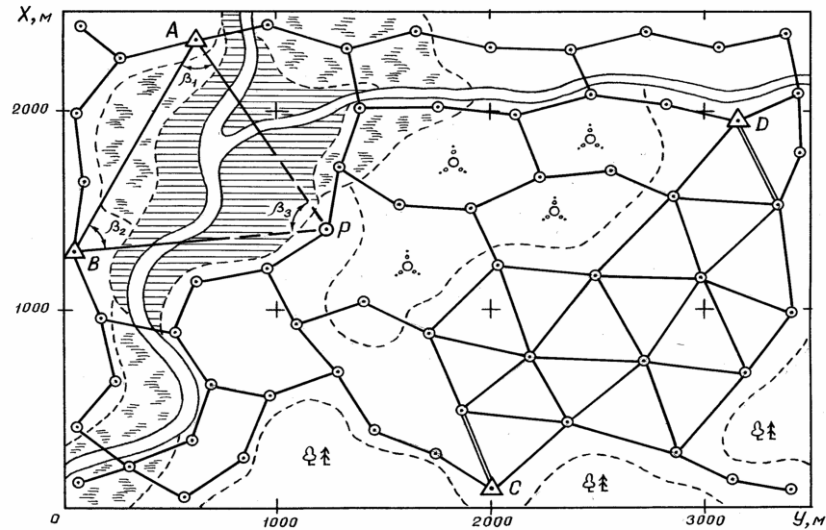


Рис. 1.3. Схема (проект) съёмочного геодезического обоснования площадного объекта изысканий (пример)

*Метод прямой однократной засечки.* Для реализации этого метода с контролем (рис. 1.4) необходимо видеть определяемый пункт Р с трех пунктов исходной сети А, В, С с известными координатами. При этих пунктах измеряются четыре угла:  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ . Углы между смежными направлениями на определяемый пункт должны быть не менее  $30^\circ$  и не более  $150^\circ$ .

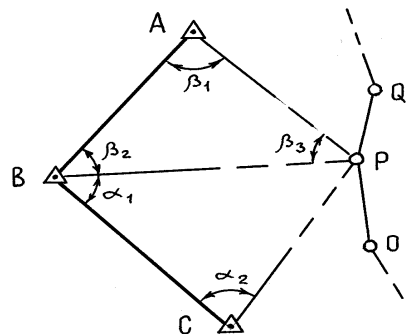


Рис. 1.4. Схема метода прямой однократной засечки

Координаты точки Р теодолитного хода вычисляют по координатам пунктов А и В и измеренным углам  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  с использованием формул котангенсов измеренных углов (формулы Юнга):

$$X_P = \frac{X_A \operatorname{Ctg} \beta_2 + X_B \operatorname{Ctg} \beta_1 - Y_A + Y_B}{\operatorname{Ctg} \beta_1 + \operatorname{Ctg} \beta_2}; \quad (1.1)$$

$$Y_P = \frac{Y_A \operatorname{Ctg} \beta_2 + Y_B \operatorname{Ctg} \beta_1 + X_A - X_B}{\operatorname{Ctg} \beta_1 + \operatorname{Ctg} \beta_2}. \quad (1.2)$$

Для контроля правильности вычислений определяются координаты исходного пункта А (по известным координатам пункта В и рассчитанным  $X_p, Y_p$ ) с использованием аналогичных формул и угла

$$\beta_3 = 180^\circ - (\beta_1 + \beta_2).$$

Полный контроль правильности положения пункта Р осуществляется при повторении приведенных выше решений в треугольнике РВС, т.е. координаты пункта Р рассчитываются по координатам пунктов В и С и углами  $\alpha_1, \alpha_2$  с использованием формул 1.1, 1.2.

При наличии на объекте изысканий водоема (пруд, водохранилище) съемочная сеть для него строится согласно схеме, приведенной на рис. 2.10.

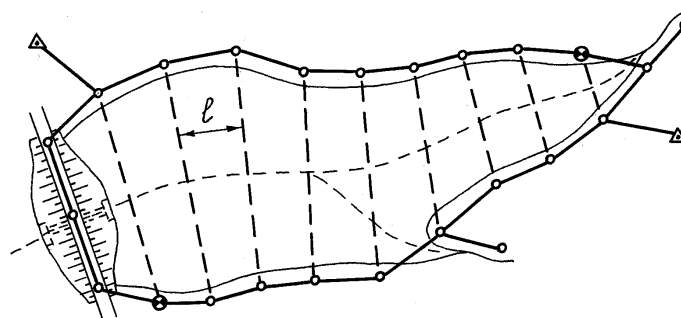


Рис. 1.5. Схема съемки водоема

Схемы развития и привязки съемочного обоснования приведены на рис. 1.3 и в литературе [1, 14].

При проектировании взаимного расположения пунктов съемочной сети необходимо учитывать предельные расстояния от прибора до рейки (табл.1.2), зависящие от технических условий намечаемых в дальнейшем мензуральной и тахеометрической съемок участка.

Т а б л и ц а 1.2. Допустимые расстояния между съемочными и речными точками мензуральной и тахеометрической съемок, м

Масштаб съемки	Сечение рельефа.	Расстояние	Расстояние от прибора до рейки		
			при съемке	при съемке ситуации	
				четких	нечетких контуров
1:5000	0,5	70/60	250	150	200
	1,0	100/80	300	50	200
1:2000	0,25	20/20	150	100	150
	0,5	50/40	200	100	150
1:1000	0,5	30/20	150	80	100
1:500	0,5	20/15	100	60	80

### **Порядок выполнения.**

Приступая к проектированию съемочной геодезической сети, необходимо учитывать следующие положения:

- пункты проектируемой сети должны практически равномерно располагаться по всему участку на взаимном расстоянии, обеспечивающем топографическую съемку всей площади;
- при проектировании съемочной сети следует использовать два основных метода – теодолитные ходы и триангуляцию (на относительно меньшей открытой площади).

Практическое проектирование съемочной геодезической сети рекомендуется в следующем порядке.

1. Наметить окружной теодолитный ход по периметру объекта на расстоянии 100–200 м от внешней границы участка с привязкой к опорным пунктам государственной сети. Указанное расстояние соответствует радиусу предполагаемой топографической съемки, для которой создается съемочная сеть.

2. Проложить теодолитные ходы вдоль всех линейных элементов объекта (дороги, каналы, реки) и границ элементов ситуации (кустарник, болото, здания и пр.).

3. При наличии водоема (пруд, водохранилище) запроектировать сеть для его съемки по известной схеме поперечников с последующим ее включением в общую окружающую сеть.

4. На относительно небольшом участке открытой местности запроектировать триангуляционную сеть, опирающуюся на исходные (2 или 1) пункты государственной сети.

5. На свободных участках остальной территории объекта проложить промежуточные диагональные теодолитные ходы, создающие отдельные небольшие полигоны (диаметром не более 400–500 м).

6. Выполнить передачу координат методом прямой угловой засечки на один из намеченных пунктов съемочной сети с использованием двух опорных (исходных) пунктов по схеме, приведенной на рис. 2.9.

### **Пример выполнения упражнения.**

На ситуационный план объекта изысканий (рис. 1.3) наносим исходные пункты государственной геодезической сети (А, В, С, D) по их координатам (приложение 1). Между указанными пунктами намечаем окружные теодолитные ходы (по периметру участка).

Далее намечаем теодолитные ходы вдоль всех характерных линий ситуации (границы контуров леса, кустарника, болота; линейные объекты: река, дорога и т.п.). На открытой местности между пунктами С и D строим триангуляционную сеть, соблюдая указанные выше длины сторон. После этого прокладываем на схеме связующие теодолитные ходы, образующие в итоге съемочную геодезическую сеть необходимой (для выполнения предполагаемой топосъемки) плотности.

Намечаем положение пункта Р для определения его координат методом прямой угловой засечки (из треугольника ВАР) и включаем его в съемочную сеть.

Для приближенного определения плановых координат пункта Р используем следующие исходные данные:  $X_A = 2358$  м;  $Y_A = 626$  м;  $X_B = 1285$  м;  $Y_B = 49$  м;  $\beta_1 = 61^\circ$ ;  $\beta_2 = 56^\circ$  (углы измеряются транспортиром). Используя формулы (2.1) и (2.2), получим:

$$X_p = \frac{2358 \cdot \text{Ctg}56^\circ + 1285 \cdot \text{Ctg}61^\circ - 626 + 49}{\text{Ctg}61^\circ + \text{Ctg}56^\circ} = 1403 \text{ м};$$

$$Y_p = \frac{626 \cdot \text{Ctg}56^\circ + 49 \cdot \text{Ctg}61^\circ + 2358 - 1285}{\text{Ctg}61^\circ + \text{Ctg}56^\circ} = 1239 \text{ м}.$$

Для контроля правильности вычислений проверим координаты пункта А по рассчитанным координатам пункта Р, координатам пункта В и углам  $\beta_2$  и  $\beta_3$  ( $\beta_3 = 180 - \beta_1 - \beta_2 = 63^\circ$ ).

$$\begin{aligned} X_A &= \frac{X_B \cdot \text{Ctg}\beta_3 + X_p \cdot \text{Ctg}\beta_2 - Y_B + Y_p}{\text{Ctg}\beta_2 + \text{Ctg}\beta_3} = \\ &= \frac{1285 \cdot \text{Ctg}63^\circ + 1403 \cdot \text{Ctg}56^\circ - 49 + 1239}{\text{Ctg}56^\circ + \text{Ctg}63^\circ} = 2358 \text{ м}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_A &= \frac{Y_B \cdot \text{Ctg}\beta_3 + Y_p \cdot \text{Ctg}\beta_2 + X_B - X_p}{\text{Ctg}\beta_2 + \text{Ctg}\beta_3} = \\ &= \frac{49 \cdot \text{Ctg}63^\circ + 1239 \cdot \text{Ctg}56^\circ + 1285 - 1403}{\text{Ctg}56^\circ + \text{Ctg}63^\circ} = 626 \text{ м}. \end{aligned}$$

Вычисленные координаты пункта А совпали с его исходными значениями, что говорит о правильности расчетов координат пункта Р.

Запроектированную в итоге съемочную геодезическую сеть вычерчивают на плане в закрепленном виде (тушью или шариковой ручкой) согласно принятым условным обозначениям, приведенным в приложении 2.

### Контрольные вопросы

1. Почему геодезическое обоснование площадного объекта называется съемочным?
2. В каких условиях при создании съемочной сети применяется триангуляция?
3. Назовите основные параметры теодолитных ходов и триангуляционных сетей при создании плановой съемочной сети.
4. В чем состоит метод прямой угловой засечки?
5. От каких факторов зависит предельная длина теодолитных ходов съемочной сети?