

**ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ
ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИЙ СПОСОБ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИВЕДЕНИЯ**

В зависимости от размеров линейных элементов приведения за внекентренную установку основного теодолита и визирной цели применяют графический или аналитический способ их определения, или способ непосредственных замеров [4, 6]. Поправки для приведения измеренных направлений к центрам геодезических знаков вычисляют по формулам

$$c'' = \frac{e \cdot \rho''}{S} \sin(\theta + M), \quad (1)$$

$$r'' = \frac{e_1 \cdot \rho''}{S} \sin(\theta + M), \quad (2)$$

где e и e_1 , θ и θ_1 — линейные и угловые элементы приведения за внекентренную установку основного теодолита и визирной цели соответственно; S — расстояние от станции к наблюдаемой визирной цели; M — угол между начальным и текущим направлениями; $\rho'' = 206265''$.

Погрешности поправок c'' и r'' в значительной мере определяют точность данного геодезического построения. Поэтому повышение точности значений этих поправок является важной задачей.

В производственных условиях широко распространен и чаше, чем все остальные, графический способ определения треугольников погрешностей не должны превышать 10 мм для оси визирной цели, 5 мм — для оси вращения теодолита и 3 мм — для центра знака.

Анализ (1) и (2) показывает, что погрешности в определении положения оси визирной цели, вертикальной оси вращения теодолита и центра знака в одинаковой мере влияют на точность поправок в наблюдаемые направления.

Размеры сторон треугольников погрешностей определяются в основном следующими факторами:

- 1) ценой деления цилиндрического уровня проектирующего теодолита и точностью установки вертикальной оси его в отвесное положение;
- 2) качеством юстировки проектирующего теодолита;
- 3) высотой расположения проектирующих точек и высотой проектирующего теодолита относительно поверхности центрировочного столика;
- 4) величиной наклона поверхности центрировочного столика и оси визирной цели;
- 5) точностью совмещения центрира [1] с вертикальной осью основного теодолита;

6) отклонениями центрира и визирной цели от правильной геометрической формы и ребристой поверхности ее конструкции.
На размеры сторон треугольников погрешностей может влиять то, что с разных установок проектирующего теодолита каждый раз на центрировочный столик проектируются различные точки центрира возможно неправильной геометрической формы, так как в качестве их используются иногда вспомогательные приспособления.

Отмечено в определенной мере может иметь место и при проектировании осей визирных целей, которые еще больше отступают от правильной геометрической формы, а положение их осей — от отвесных линий. Поэтому на центрировочный столик (как бы сплошь не проводились работы) проектируют не вертикальные оси основного теодолита и визирной цели, а некоторые точки, расположенные на них, а это может привести к образованию недопустимых треугольников погрешностей. Чтобы уложиться в лимитированные инструкциями допуски, наблюдатели зачастую выбирают фиксированные точки на центрире, а вместо центра визирной цели проектируют некоторую точку оси болванки, на которой крепится визирная цель, или оси штыря, выступающего над визирной целью [5]. Такое решение приводит к искажению элементов приведения и приведенных направлений.

Из [6] следует, что если линейные элементы приведения e не превышают 10 см, то соответствующие угловые элементы θ можно определять с точностью до 2° . При значениях e 10...20 см их можно определять с точностью до 1° . Если же линейные элементы превышают 20 см, то точность определения угловых элементов не должна быть ниже $0,5^\circ$.

Для измерения угловых элементов θ используют визирную линейку и топографический транспортир. Но эти приспособления обеспечивают низкую точность определения их, особенно при малых значениях линейных элементов приведения. Самые искажения при этом могут выходить далеко за пределы 2° . При больших значениях линейных элементов достижение требуемой точности определения угловых элементов трудновыполнимо и не всегда возможно.

Из элементарных расчетов следует, что для получения поправки в направление за внекентренную установку основного теодолита и визирной цели с точностью до $0,1'$ на знаках до 30 м в триангуляции 4 класса в качестве проектирующего следует использовать теодолит с ценой деления цилиндрического уровня не более $4..7''$, в триангуляции 2 и 3 класса — не более $15''$, а в триангуляции 1 класса — не более $30''$. Эти расчеты сделаны из тех соображений, что установку в рабочее положение проектирующего теодолита производили с точностью до половины деления цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга. Заметим также, что графический способ определения элементов приведения весьма чувствителен к метеорологическим факторам, а сам процесс проектирования малоточный, особенно в том случае, когда центрировочный столик располагается несколько выше горизонтальной оси проектирующего теодолита.

С целью повышения точности определения угловых и линейных элементов приведения нами сконструировано специальное приспособление. В его комплект входит теодолит с оптическим центриром и редукционной реекой (рис. 1) и планшет с градусными делениями (рис. 2). Т-образная свободно снимаемая линейка 3—4 с миллиметровыми делениями шарнирно соединена с центром окружности, принятым за проекцию центра знака. Тип проектирующего теодолита при отсутствии накладного уровня определяется классом пункта. Однако в любом случае лучше, если в качестве проектирующего использовать основной теодолит, которым измерялись углы (направления). Редукционная реека изготавливается из легкого и прочного материала, окрашенного в белый цвет с черными миллиметровыми делениями.

Нулевой штрих ее совмещен с вертикальной осью теодолита (см. рис. 1). Учитывая то, что измеряемые линейные элементы могут иметь значительные размеры, редукционную рееку целесообразно изготавливать разборной, складывающейся или раздвижной с малой парусностью. Планшет изготавливают также из легкого и прочного белого материала или поверхность его покрывается светлой краской, по которой хорошо пишет и легко вытирается резинкой карандаш.

Сущность определения элементов приведения предлагаемым способом заключается в следующем. С трех обычных установок проектирующего теодолита измеряют по два частных линейных элемента h_1 и h'_1 , и h_2 и h'_2 путем отсчетывания на редукционной рееке 3 (см. рис. 1) при двух ее установках проекции вертикальных осей инструмента и визирной цели соответственно с фиксацией по горизонтальному кругу ориентирующего теодолита I направлений M_1 и M_2 , которым они соответствуют. По этим данным с помощью планшета (см. рис. 2) определяют элементы приведения.

Порядок работы на станции. 1. Над центром знака на штативе устанавливают ориентирующий теодолит I (см. рис. 1), центрируют и ориентируют его по начальному направлению. За начальное направление целесообразно брать такое, по которому существует

видимость с Земли. Если же такой видимости нет, то начальное направление отмечают на Земле в процессе наблюдений со столика сигнала.

2. Устанавливают редукционную рееку 3 (см. рис. 1) в горизонтальное положение и производят поверку перпендикулярности ее визирной оси зрителной трубы. Эту поверку можно выполнить с помощью проектирующего теодолита, если провизировать на него ориентирующий теодолит I , а затем повернуть его алидаду на 90° . При этом плоскость редукционной рееки должна совпадать с направлением визирной оси.

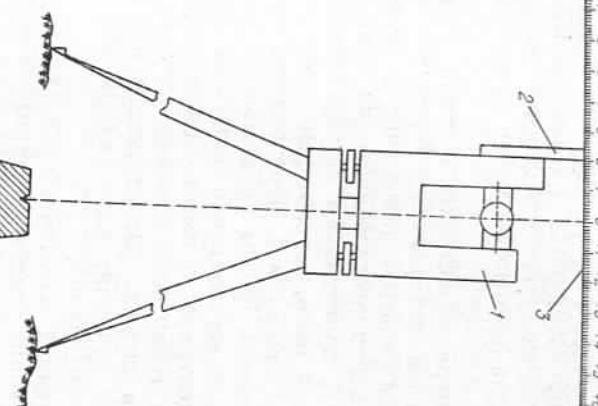


Рис. 1. Редукционно-ориентирующее устройство.

3. На расстоянии одной-двух высот знака от центра знака выбирают точки l , 2 и 3 (рис. 3) для установки проектирующего теодолита. Эти точки должны быть выбраны так, чтобы проектирующие плоскости расположились под углом друг к другу примерно на $60(120^\circ)$, а местные предметы и конструкции знака не закрывали инструментальный столик, визирную цель и редукционную рееку.

4. В каждой из выбранных трех точек поочередно устанавливают проектирующий теодолит, штативально приводят его в рабочее положение. Производят приближенное визирование ориентирующим теодолитом, установленным над центром знака, на проектирующий. Поворачивают первый из них против хода часовой

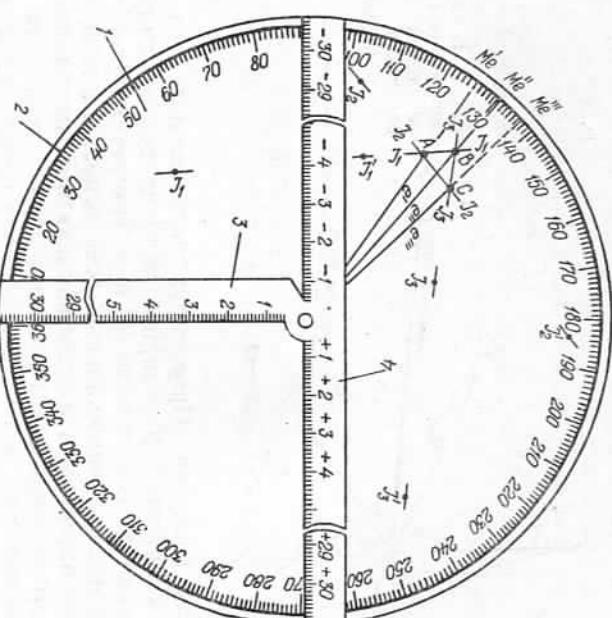


Рис. 2. Планшет.

дить с направлением визирной оси проектирующего теодолита. Это условие может быть обеспечено и конструкцией крепления редукционной рееки.

3. На расстоянии одной-двух высот знака от центра знака выбирают точки l , 2 и 3 (рис. 3) для установки проектирующего теодолита. Эти точки должны быть выбраны так, чтобы проектирующие плоскости расположились под углом друг к другу примерно на $60(120^\circ)$, а местные предметы и конструкции знака не закрывали инструментальный столик, визирную цель и редукционную рееку.

4. В каждой из выбранных трех точек поочередно устанавливают проектирующий теодолит, штативально приводят его в рабочее положение. Производят приближенное визирование ориентирующим теодолитом, установленным над центром знака, на проектирующий. Поворачивают первый из них против хода часовой

стрелки приблизительно на 30° с таким расчетом, чтобы отсчет M_4 , снятый по его горизонтальному кругу, представлялся целым числом градусов. После этого с помощью проектирующего теодолита производят проектирование вертикальных осей основного теодолита (центрира) и визирной цели на редукционную рееку, сопровождая их соответствующими отсчетами по ней (h_4 и γ_4). Затем поворачивают ориентирующий теодолит по ходу часовой стрелки приблизительно на 60° и снова снимают отсчет по горизонтальному кругу M_2 , который также должен быть представлен це-

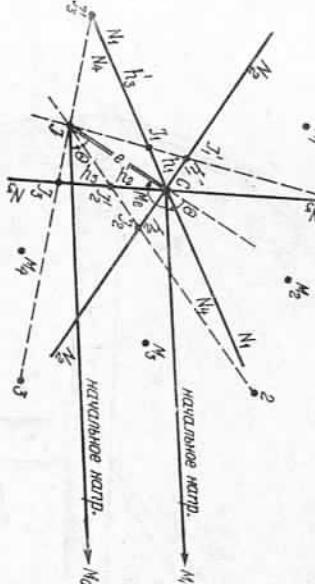


Рис. 3. К теории инструментального графика, линейческого способа определения элементов приведения.

$$e = \frac{1}{3}(e' + e'' + e''')$$
 (5)

принимают за линейный элемент приведения. По направлениям на все вершины треугольника погрешностей ABC (см. рис. 2) снимают отсчеты M_e на окружности планшета. Вычисляют среднее их значение

$$M_e = \frac{1}{3}(M_e' + M_e'' + M_e''').$$
 (6)

Угловой элемент приведения вычисляют по формуле

$$\theta = 180^\circ - M_e.$$
 (7)

Выполняя аналогичные действия по данным визирной цели, получают линейные

$$e_1 = \frac{1}{3}(e'_1 + e''_1 + e'''_1)$$
 (8)

$$\theta_1 = 180^\circ - M_{e_1}$$
 (9)

На рис. 3 показано проектирование только вертикальной оси основного теодолита (центрира). Здесь h_1 и h'_1 — частные линейные элементы, полученные из первой установки проектирующего теодолита при ориентировании редукционной рееки 3 (см. рис. 1) по направлениям M_1 и M_2 . Элементы h_2 и h'_2 , h_3 и h'_3 получены из второй и третьей установок проектирующего теодолита при ориентировании редукционной рееки 3 по направлениям M_2 и M_3 , M_3 и M_4 . Направления N_1-N_1' , N_2-N_2' , N_3-N_3' и N_4-N_4' со-

ответствуют положению редукционной рееки при установках на горизонтальном круге ориентирующего теодолита отсчетов M_1 , M_2 , M_3 и M_4 .

5. На планшете 1 (см. рис. 2) поворачивают линейку 3 до установления на окружности 2 отсчета, равного M_1 . Отложив на шкале 4 элемент h_1 (с учетом его знака), получают на окружности 2 точку J_1 . Таким же образом устанавливают на окружности 2 отсчет, равный M_2 , и по шкале 4 откладывают элемент h'_1 и получают на планшете точку J'_1 . Прочертив через точки J_1 и J'_1 линию, получают след проектирующей плоскости, соответствующий первой установке проектирующего теодолита. Выполнив аналогичные построения для второй и третьей установок проектирующего теодолита, получают следы соответствующих плоскостей. С помощью шкалы 3 (см. рис. 2) измеряют расстояния e^i до трех вершин треугольника погрешностей, полученного при пересечении следов всех трех проектирующих плоскостей. Среднее из них

Если линейные элементы приведения большие и не помещаются на планшете или очень малы, то для удобства графических построений можно применить соответствующие масштабы.

Получив таким образом элементы e и θ , по известным формулам (1) и (2) вычисляют поправки c'' и r'' в соответствующие направления.

Относительно большой диаметр окружности на планшете позволяет откладывать и измерять углы на нем с точностью до $6'$.

Таблица 1

Результаты поисковых измерений		Результаты камеральной обработки по определению элементов приведения									
Номер установок проектирующего теодолита	Частные линейные элементы за внешнецентрическую установку	Значения вспомогательных углов, ...		Значения линейных элементов приведения							
		по которым была ориентирована реечка, M_e , °	визирной цели, мм	по основному теодолиту k_1 , мм	по определению элементов приведения						
1	19 79	-195 -189	-275,5 -267,5	1 2 3	81,1 81,0 80,9	70,0 69,9 69,8	465 462 463	500 496 497			
2	100 160	+531 +502	+442,5 +416,5								
3	258 318	-347 -349	-248,5 -245								

$$0 = 180^\circ - M_e = 99,0^\circ$$

$$0_1 = 180^\circ - M_e = 110,1^\circ$$

а миллиметровые деления Т-образной линейки обеспечивают возможность откладывать с малыми погрешностями линейные элементы.

Предлагаемая методика позволяет во всех случаях существенно повысить точность определения угловых элементов приведения путем замены визирной линейки теодолитом, а топографического транспортира — кругом большого диаметра (планшетом). Этот метод удобно использовать для определения элементов приведения на пунктах, расположенных на курганах и других возвышеностях, когда проектирующий прибор располагается ниже центра пункта, в лесных районах и т. п.

Проиллюстрируем изложенное примером. Пусть в процессе определения элементов приведения при двух положениях вертикального круга проектирующего теодолита получены следующие значения (табл. 1). С помощью планшета (см. рис. 2) находят положение проекции вертикальных осей основного теодолита (центрирования) и визирной цели. В табл. 2 приведены результаты камеральной обработки по определению элементов приведения, полученные с помощью построений на планшете. Тут же вычислены угловые $\theta(e)$ и линейные $e(e)$ элементы приведения. Из данных этой таблицы следует, что в угловых измерениях расхождения не превышают $0,2^\circ$, а в линейных элементах они не превышают $3 \dots 4$ мм.

На этом же пункте высотой $25 \dots 30$ м определены угловые и

линейные элементы приведения графическим способом. Их значения указаны в табл. 3. Откуда следует, что значения линейных элементов, полученных графическим и предлагаемым способом, отличаются на $5 \dots 10$ мм, а угловые — на $2 \dots 2,3^\circ$. По этим данным вычислены поправки за центровку и редукцию по четырем направлениям. Значение отклонений их как для центрировки, так и для редукции при $S=5$ км в среднем составляет $0,2''$, а по отдельным направлениям они достигают $0,5$ и $0,4''$ соответственно.

Из изложенного следует, что определение элементов приведения за внешнецентрическую установку основного теодолита

и линейных элементов приведения, полученных различными способами

Элементы приведения	Способы определения элементов приведения	
	графический	применяющий
e , мм	453	463
e_1 , мм	493	498
0°	101,3	99,0
0_1	112,1	110,1

рептируюущую установку с помощью предложенного способа позволяют точность их определения. Кроме того, возможность удлинения плечи редукционной реечки до нужных размеров позволяет заменить не столь удобные и менее точные известные способы предлагающим. Этот способ позволяет получить строго проекцию геометрического центра визирной цели и вертикальной оси теодолита (центрира), проектируя на редукционную реечку, касание вертикальной нити проектирующего теодолита с левой и правой сторон. Ограничение размежевого способом. Данное измерение тающей задачи графическим способом. Данные измерений предлагаются способом обеспечивают возможность получения элементов приведения аналитическим путем, минуя графические построения. Кроме этого, с целью ослабления действия факторов 5) и 6), расположенных в начале статьи, рекомендуется изготавливать специальные центриры с уровнями, а визирные цели изготавливать правильной геометрической формы с уменьшением их рельефности за счет ребер центрированным способом.

Список литературы: 1. Ассуров В. Л., Кугизов М. Н. Высшая геодезия. — М.: Недра, 1979. — 397 с. 2. Баканова В. В. Геодезия. — М.: Недра, 1980. — 276 с. 3. Красовский Ф. Н., Данилов В. В. Руководство по высшей геодезии. — М.: Геодзорго ГУГК при СНК СССР, 1939, ч. 1, вып. 2. — 409 с. 4. Рабинович Б. Н. Основы построения опорных геодезических сетей. — М.: Геодизлит, 1954. — 378 с. 5. Судаков С. Г. Основные геодезические сети. — М.: Недра, 1975. — 367 с. 6. Инструкция о построении государственной геодезической сети СССР. — М.: Недра, 1966. — 340 с. 7. Инструкция по полигонометрии и тригонометрии. — М.: Недра, 1976. — 360 с.

Статья поступила в редакцию 28.07.84