

УДК 528.44

СПОСОБ СДВОЕННЫХ ПУНКТОВ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ УСТАНОВЛЕНИИ ГРАНИЦ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ

канд. техн. наук, доц. И.Г. КАРТАВЕНКОВ,
канд. техн. наук В.В. ЯЛТЫХОВ, А.И. КОЗАКЕВИЧ
(Полоцкий государственный университет)

Приводится теоретическое обоснование способа сдвоенных пунктов и технология выполнения работ современными геодезическими приборами в практике землеустройства.

Вместе с общим принципом построения геодезических сетей и сетей съемочного обоснования от «общего к частному» всякие измерения в геодезии обязательно выполняются с контролем. Контрольные измерения необходимы для определения (вычисления) неизвестной величины два раза и повышения точности результатов неизвестных. Повышение точности в таком случае достигается получением среднего арифметического, так как оно обладает максимальным весом и наименьшей дисперсией.

В учебной и нормативной литературе по установлению, восстановлению и закреплению границ земельных участков межевыми знаками там, где обеспечение контрольных измерений обязательно, рекомендуется использовать способы дополнительного и сдвоенного пунктов, измерения контрольных углов и линий. Сущность этих способов нами раскрыта в [1, с. 16 - 17; 2 и др.]. В дополнение к этому следует отметить, что в практике земельно-кадастровых работ большую привлекательность имеет способ сдвоенного пункта и линейно-угловой засечки [3, с. 223 - 224].

При использовании линейно-угловой засечки прибор (электронный тахеометр) устанавливают на определяемом межевом знаке (рис. 1) и измеряют угол ρ между направлениями на исходные пункты А и В (точки опорного хода), а также горизонтальные проложения (расстояния) S_1 и S_2 между определяемым межевым знаком О и исходными точками опорного хода А и В.

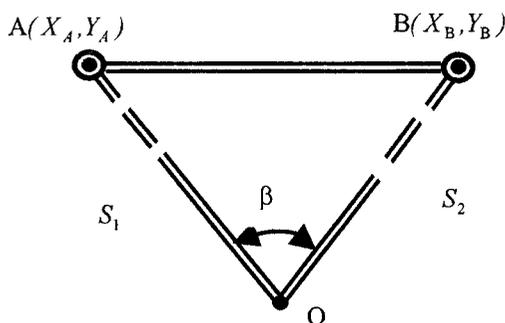


Рис. 1. Линейно-угловая засечка

В рассматриваемом построении одно измерение избыточно, а поэтому вычисление координат межевого знака производится с контролем после введения поправок в измеренные расстояния и угол по формулам:

$$(S_1) = q_S K \cos B; \quad (S_2) = q_S K \cos A; \quad (\beta) = q_\beta K \frac{h}{\rho}, \quad (1)$$

где q_S и q_β – величины обратных весов результатов измерений длин и углов;

$$K = -W : \left[q_S \cos^2 B + q_S \cos^2 A + q_\beta \left(\frac{h}{\rho} \right)^2 \right] - \text{коррелата нормального уравнения};$$

$h = S_1 \sin A = S_2 \sin B$ – высота треугольника, опущенная из вершины О на исходную сторону AB .

Способ сдвоенного пункта позволяет выполнить не только контрольные измерения, но одновременно уменьшить время выполнения полевых измерений с сокращением числа установок прибора на межевых знаках и пути перемещений исполнителей как в закрытой, так и открытой местности. При этом предполагается полевые работы выполнять по следующей технологии.

После рекогносцировки объекта и закрепления углов поворота границы недвижимости (земельного участка) межевыми знаками установленного образца намечается опорный ход или системы опорных точек, с которых предстоит выполнить координирование межевых знаков или незакрепленных точек углов поворота границы. Работы целесообразно выполнять бригадой в составе 3-4 человек (руководитель-наблюдатель, инженер-рекогносцировщик и два рабочих (мерщика) 1 разряда).

По составленной и отрекогносцированной системе опорных ходов (хода), точки которых (каждого) должны быть надежно связаны с государственной или местной геодезической сетью, прокладывается опорный ход (A, B, C, D и т.д., рис. 2).

Впередиидущий устанавливает штатив и прибор в точках B, C, D и т.д. в произвольном месте без его центрирования с таким расчетом, чтобы после установки прибора видимость с точек B, C, D и т.д. на межевые, определяемые знаки (O, O₁, O₂, ... O_n), была обеспечена.

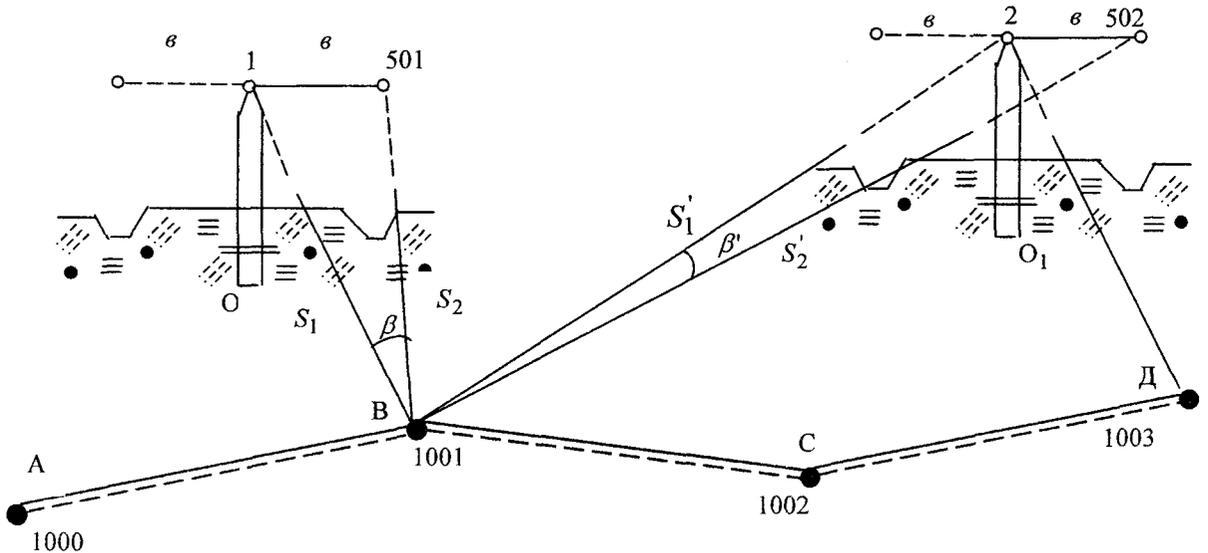


Рис. 2. Схема связи опорного хода с межевыми (определяемыми) знаками

Из рис. 2 видно, что если известна длина базиса v и измерены горизонтальные проложения S_1 и S_2 , а также угол между ними β , то пункты (межевые знаки) $O, O_1, O_2, \dots O_n$ могут быть определены дважды (с контролем).

На этом основании следует, что

$$v^2 = S_1^2 + S_2^2 - 2S_1S_2 \cos \beta. \quad (2)$$

Учитывая реальные ситуации, можно принять, что $S_1 = S_2$. В этом случае

$$v^2 = 2S^2 - 2S^2 \cos \beta = 2S^2(1 - \cos \beta), \text{ а } v = 2S \sin \frac{\beta}{2}. \quad (3)$$

Средняя квадратическая погрешность определения базиса может быть найдена из зависимости

$$m_v^2 = 4 \sin^2 \frac{\beta}{2} m_S^2 + S^2 \cos^2 \frac{\beta}{2} \frac{m_\beta^2}{\rho^2}. \quad (4)$$

Учитывая, что значения измеряемых углов β_i малы, а их синусы стремятся к нулю, получим

$$m_v = S \cos \frac{\beta}{2} \frac{m_\beta}{\rho}. \quad (5)$$

Так как значения $\cos \frac{\beta}{2}$ при малых углах приближаются к единице, из полученной зависимости следует, что погрешность определения базиса прямо пропорциональна длине измеряемой стороны (отстояния прибора от точки опорного хода до определяемого межевого знака).

Вместе с тем величина измеряемого угла β зависит от величины отстояния, что следует из таблицы. В таблице величина угла β вычислена из зависимости

$$\cos \beta = 1 - \frac{\epsilon^2}{2S^2}, \quad (6)$$

где ϵ – базис, расстояние между двумя отражателями, принятое равным 0,760 м.

Зависимости измеряемого угла β от величины отстояния

№	S, м	β , рад	β			m_ϵ , мм	Δ_ϵ , мм
			град	мин	с		
1	4	10,90264	10	54	10	0,5	1,7
2	10	4,355528	4	21	20	1,4	4,4
3	50	0,870904	0	52	15	7,3	21,8
4	100	0,435449	0	26	08	14,5	43,6
5	150	0,290299	0	17	25	21,8	65,4
6	200	0,217724	0	13	04	29,1	87,3
7	300	0,145149	0	08	42	43,6	131

Величина $\epsilon = 0,760$ м определялась измерением рулеткой между центрами отражателей, закрепляемых на дальномерной рейке из комплекта дальномера ДНТ-2 [5], а поэтому крайний отражатель можно перемещать (закреплять) на концах дальномерной рейки в зависимости от видимости на крайние точки (отражатели). С целью сокращения полевых работ по обеспечению видимости на сдвоенные пункты желательно иметь три отражателя.

Вместо дальномерной рейки из комплекта дальномера ДНТ-2 можно использовать трубу с внутренним диаметром, равным внешнему диаметру отражателя, а по центру трубы сделать приспособление для установки отражателя над центром межевого знака.

Расстояние ϵ между центрами крайнего и среднего отражателей должно быть не менее 15 см, что следует из данных таблицы, в которой приведены значения погрешностей, рассчитанные при $m_\beta = 0,5'$ на основании зависимости (5) и коэффициента перехода от средних квадратических значений к предельным, равным 3.

При использовании рассматриваемого способа для определения координат межевых знаков в соответствии с рис. 2 измеряются две линии S_1 и S_2 , а также угол между ними β . Длины линий и угол измеряются с точностью в соответствии с требованиями [4], т.е. разности расстояния (отстояния) и угла, измеряемые тахеометром в полуприемах и приемах не должны превышать 4 см и 45" соответственно. При выполнении работ на коротких расстояниях (до 30 м) особое внимание должно уделяться центрированию центрального отражателя над центром межевого знака [4, п. 67].

При определении координат по рассматриваемой методике возникает задача уравнивания, так как в треугольнике измеряется угол, две стороны и известен базис. Таким образом, возникает одно условное уравнение, общий вид которого соответствует зависимости

$$(S_1) \cos B + (S_2) \cos A - \frac{h}{\rho}(\beta) + W = 0, \quad (7)$$

где $W = \frac{h}{\rho}(\beta_{изм} - \beta_{выч})$ – свободный член (невязка) условного уравнения.

$$\text{Здесь } \beta_{выч} = \frac{1}{2} \arccos \left(\frac{S_1^2 + S_2^2 - \epsilon^2}{S_1 S_2} \right).$$

Учитывая, что поправки вводятся в разнородные величины при установлении системы обратных весов результатов измерений, целесообразно для углов принять $q_\beta = 1$, тогда $q_s = \frac{m_s^2}{m_\beta^2}$, что при $m_s = 40$ мм и $m_\beta = 30''$ приведет к значению $q_s = 1,78$ мм²/с².

По уравненным значениям измеренных величин координаты межевого знака вычисляются дважды на основании известных выражений:

$$X_A = X_0 + S_1 \cos \alpha_{OA}; \quad Y_A = Y_0 + S_1 \sin \alpha_{OA}. \quad (8)$$

$$X_A = X_0 + S_2 \cos \alpha_{OB} + \epsilon \cos \alpha_{BA}; \quad Y_A = Y_0 + S_2 \sin \alpha_{OB} + \epsilon \sin \alpha_{BA}. \quad (9)$$

Из второй зависимости видно, что для вычисления дирекционного угла линии BA необходимо знать угол B , который можно вычислить по известной формуле

$$\operatorname{tg} \frac{B}{2} = \sqrt{\frac{(P - \epsilon)(P - S_2)}{P(P - S_1)}}, \quad (10)$$

где $P = \frac{\epsilon + S_1 + S_2}{2}$ – полупериметр треугольника.

Если измеренные линии и угол не уравниваются, значения координат центра межевого знака вычисляются дважды, исходя из зависимостей (8) и (9), а из полученных величин, если они не расходятся больше чем на графическую точность в масштабе кадастрового плана [6], берется их среднее арифметическое

$$X_A = \frac{X_{A_1} + X_{A_2}}{2}; \quad Y_A = \frac{Y_{A_1} + Y_{A_2}}{2}. \quad (11)$$

При выполнении измерений электронным тахеометром при записи результатов измерений в карту памяти и применении программ GeoMaster, CREDO и других особое внимание заслуживает вопрос нумерации точек. Наиболее удобным для наблюдателя, на наш взгляд, нумерацию точек опорного хода (рис. 2) начинать с 1000, точек границы с 1, 2, и т.д., сдвоенных точек границы с 501, 502 и т.д., а контурных точек – с 2000. Такой выбор не будет вносить путаницы не только в процессе полевых геодезических измерений, но и при дальнейшей камеральной обработке результатов. Если номера сдвоенных пунктов отличаются от номеров соответствующих межевых знаков на какую-то постоянную величину, то имеется возможность автоматизировать процесс составления ведомости вычисления расстояний между сдвоенными пунктами путем сортировки каталога координат, например в Excel.

В заключение заметим, что способ сдвоенных пунктов, а точнее координаты центрального и крайнего отражателей, могут быть использованы для контроля вычисления площадей земельных участков площадью более 10 га по формулам Гаусса, т.е. в тех случаях, когда координаты достаточно знать с точностью до дециметров.

В формулах Гаусса координаты углов поворота границы недвижимости являются функциями результатов измерений длин линий и углов, которые сопровождаются погрешностями измерений, имеющими вероятностный характер, а поэтому вычисленная площадь является приближенным, а не точным числом. Следовательно, в новой редакции Кодекса [7] в статьях 55, 70 - 73 и других, где перед числами стоит предлог «до» (например, до 0,15 га), следует добавить фразу-уточнение «с учетом погрешностей их определения».

Учитывая, что в геодезической и землеустроительной практике способ сдвоенных пунктов не применялся, представляет интерес установить закон распределения погрешностей в определении координат межевых знаков (углов поворота недвижимости).

ЛИТЕРАТУРА

1. Пособие по применению новых геодезических приборов и методам выполнения работ при землеустройстве / Комитет по земельным ресурсам, геодезии и картографии (Составители: И.Г. Картавенков и др.). - Мн., 1997. - 84 с.
2. Инструкция по установлению и восстановлению границ земельных участков собственников, землевладельцев и землепользователей / Государственный комитет по земельным ресурсам геодезии и картографии Республики Беларусь (Составители: И.Г. Картавенков, А.М. Долженков, Е.В. Капчан и др.). - Мн., 1998.-79 с.
3. Неумывакин Ю.К., Перский М.И. Геодезическое обеспечение землеустроительных и кадастровых работ: Справ, пособие. - М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 1996. - 344 с.
4. Инструкция по установлению, восстановлению и закреплению границ земельных участков / Комитет по земельным ресурсам, геодезии и картографии при Совете Министров Республики Беларусь (Составители: Е.В. Капчан, И.Г. Картавенков, В.А. Фесин). - Мн., 2002, - 80 с.
5. Лобачев В.М., Ипатов И.И. Курс геодезии. Раздел III. Линейные измерения. - М.: ВИА, 1974. - 442 с.
6. Маслов А.В., Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. Геодезия. Учеб. пособие для вузов. - изд. 4, перераб. и доп. - М.: Недра, 1980. - 616 с.
7. Кодекс Республики Беларусь о земле от 4 января 1999 г. № 226 - 3. С изменениями и дополнениями на 8 мая 2002 г. от 8 мая 2002 г. № 99 - 3 // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. - 2002. - № 55, 2/848.