

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ХОДОВ С КООРДИНАТНОЙ ПРИВЯЗКОЙ

Л.А. Черкас (Полоцкий государственный университет, Белоруссия)

В 1988 г. окончила геодезический факультет Полоцкого государственного университета по специальности «прикладная геодезия». После окончания вуза работает на этом же факультете. В настоящее время — старший преподаватель университета.

А.П. Пигин («Кредо-Диалог», Минск, Белоруссия)

В 1981 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «прикладная геодезия». Работал инженером-геодезистом, начальником партии в проектно-изыскательской организации управления архитектуры г. Минска (Белоруссия). С 1992 г. работает в СП «Кредо-Диалог». В настоящее время — технический директор.

По принятой в настоящее время технологии при развитии опорных геодезических сетей необходимо осуществлять азимутальную привязку ходов на исходных пунктах. Действующие инструкции [1, 2] в исключительных случаях, например, при утрате знаков и отсутствии видимости между исходными пунктами, разрешают выполнять привязку к центрам пунктов, для которых известны только координаты, т. е. координатную привязку. Большинство работ, посвященных этому вопросу [3–5], рассматривают способы обработки полигометрических ходов с координатной привязкой и дают рекомендации для достаточного контроля измерений, но не уделяют должного внимания проектированию таких построений. В инструкциях [1, 2] указываются только необходимые меры для обнаружения грубых ошибок при контроле угловых измерений. И только в инструкции [6] рекомендуется: «При проложе-

нии ходов с координатной привязкой к пунктам геодезической сети их длины следует уменьшать на 1/3 по сравнению с данными, приведенными в Приложении 6 к настоящей инструкции. Разрешается не уменьшать длины ходов при условии увеличения в два раза точности измерений первых трех сторон хода».

Для решения вопроса практической приемлемости того или иного варианта построения хода определяют величины погрешностей уравненных элементов: положения определяемых пунктов, длин линий, дирекционных углов сторон полигонометрии. Положение наиболее слабой точки хода, ошибки взаимного положения накладывают ограничения на размеры сети при заданной точности выполнения полевых измерений. Если сеть по конструкции соответствует предъявляемым допускам, а углы и линии измеряются с точностью, приведенной в инструкции, то

считается, что создаваемая сеть в наиболее слабом месте будет иметь ошибки своего положения, не превышающие заданной величины. Несмотря на то, что требования инструкций бывают довольно жесткими, даже при их полном соблюдении могут возникать неопределенности. В этих случаях после проектирования сети необходимо выполнить предварительный расчет ожидаемой точности.

Для анализа точности ходов с координатной привязкой в дополнение к выполненным исследованиям [3–5, 7–10] был привлечен аппарат оценки ходов с использованием относительной обусловленности, что позволило уточнить и подтвердить сделанные ранее выводы, а также сформулировать определенные рекомендации для проектирования и обработки ходов с координатной привязкой.

Наряду с традиционными показателями здесь предлагается использовать допол-

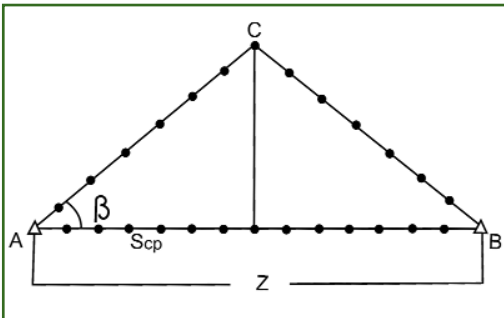


Рис. 1
Пример вытянутого и изломанного полигонометрических ходов

нительный критерий, характеризующий качество построения геодезических сетей, которым является относительная обусловленность Ψ .

$\Psi = C_i / C_i^3$, ($i = 1, 2, 3, K$), где C_i — число обусловленности для реальной сети; C_i^3 — «эталонное» число обусловленности для реальной и симметричной по построению геодезической сети, которое можно вычислить по формуле $C_i = \alpha_i K^{\beta_i}$, где α_i, β_i — некоторые постоянные коэффициенты, полученные при аппроксимации [10].

Примерами, приведенными в [10], подтверждается, что:

1) для одной и той же геодезической сети значение относительной обусловленности получается приблизительно одинаковым, если используются различные числа обусловленности;

2) значение Ψ остается прежним при масштабном изменении геодезической сети;

3) значение относительной обусловленности зависит от количества и расположения исходных и определяемых пунктов, геометрической формы сети, соотношения точности измерений.

С помощью относительной обусловленности реальные сети сопоставляются с симметричными сетями с таким же количеством определяемых пунктов. Вычисления [10] позволяют получить допустимые значения относительной обусловленности: для геодезических сетей 4 класса значение Ψ не должно быть более 10, для сетей 1 и 2 разрядов — не более 25, для съемочных сетей — не более 40. Эти допуски действительны для геодезических сетей с количеством определяемых пунктов более пяти.

Достоинством оценки сети на основании относительной обусловленности является простота исполнения и общность подходов независимо от конструкции сети.

Для примера рассмотрим полигонометрический ход 4 класса со следующими параметрами: K — число определяемых пунктов; $(K + 1)$ — число сторон; S — длина стороны хода, вычисляется согласно инструкции [2] по длине хода L ($S = L / (K + 1)$); $\sigma_B = 2''$, σ_S возьмем в соответствии с инструкцией и реальной точностью современных линейных измерений.

Рассмотрим два варианта: первый — вытянутый ход, второй — изломанный ход с углом засечки 90° в середине хода.

С учетом выводов работы [7] примем условие соблюдения равенства:

$$(m_B / \rho) \approx (m_S / S) \quad (1)$$

При рассмотрении влияния длины замыкающей на качество построения первоначально возьмем вытянутый ход полигонометрии между

исходными пунктами A и B (рис. 1), который в дальнейшем преобразуем в изломанный путем увеличения абсциссы средней точки C с сохранением длины хода L . Чем больше X_c , тем меньше длина замыкающей Z .

Для расчетов принято максимальное число сторон $(K + 1) = 12$. Длины сторон получены по длине хода $S = L / (K + 1)$. В результате вычислений установлено, что качество построения ходов с координатной привязкой зависит не столько от длины хода, сколько от количества сторон в нем. Таким образом, для получения качественных построений полигонометрии 4 класса с координатной привязкой число сторон в вытянутых ходах должно быть не более 6, в изломанном ходе — не более 12.

При проектировании производственных геодезических сетей могут возникнуть более сложные ситуации, чем показанные на рис. 1. Поэтому был выполнен дополнительный анализ величины Ψ для случаев, когда ходы расположены на окружности (рис. 2) при $K = 8$.

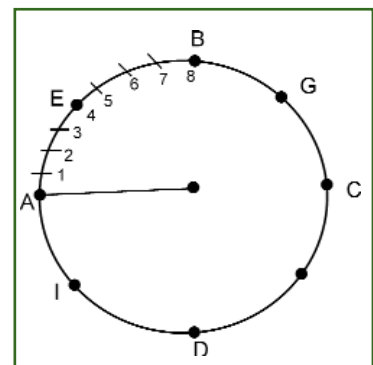


Рис. 2
Полигонометрические ходы, расположенные на окружности

Вычисленные значения относительной обусловленности Ψ			
			Таблица 1
№ примера	Точки хода	Вариант 1	Вариант 2
1	AEB	18	5,3
2	AEBGC	7,5	5,2
3	ABCD	19,1	19,8
4	ABCDI	85,1	91,5

Результаты вычислений значения относительной обусловленности Ψ для различных ходов полигонометрии с координатной привязкой при постоянном радиусе R (вариант 1) и при постоянной длине L (вариант 2) приведены в табл. 1. Начальный и конечный пункты, указанные в таблице, являются исходными.

Данные, приведенные в табл. 1, позволяют сделать следующие выводы.

1. Чем меньше расстояние между пунктами, тем больше относительная обусловленность Ψ .
2. Чем больше длина замыкающей при радиальном расположении точек, тем выше качество хода (пример 2).
3. Чем меньше длина замыкающей, тем хуже качество хода (пример 4).
4. Чем больше расстояние

между исходными пунктами, по сравнению с длинами сторон, тем лучше качество его построения.

Дальнейшие исследования позволили сформировать допуск на величину d , которая зависит от длины замыкающей Z , средней длины стороны хода S_{cp} и числа определяемых пунктов хода $(K + 1)$:

$$d = Z / S_{cp} = Z(K + 1) / L.$$

При построении полигонометрических и теодолитных ходов с координатной привязкой и соблюдении равенства (1) рекомендуется руководствоваться требованиями, приведенными в табл. 2.

В работе [7] убедительно показано, что к выбору метода уравнивания ходов с координатной привязкой следует подходить очень внимательно, так как ре-

зультат существенно зависит от соотношения точности угловых и линейных измерений. И если при проложении ходов полигонометрии соотношение (1) обычно выполняется, то при проложении теодолитных ходов, особенно при выполнении линейных изысканий, в силу различных причин оно не выполняется. В частности, при работе с электронными тахеометрами точность измерения линий существенно выше точности измерения углов. Условия местности не всегда позволяют выполнить рекомендации по форме хода. Следует учесть, что объемы работ по проложению теодолитных ходов в производстве на порядок больше объемов работ по созданию опорных сетей, а квалификация исполнителей, выполняющих эти работы, не всегда удовлетворительная. Эти факторы могут привести к несуразным результатам, когда после строгого уравнивания поправки в измеренные значения превышают допустимые величины.

Во избежание таких ситуаций, в частности, в про-

Требования к полигонометрическим и теодолитным ходам с координатной привязкой				
Показатели	Полигонометрические ходы			Теодолитные ходы
	4 класс	1 разряд	2 разряд	
Число сторон: вытянутый ход изогнутый ход	6	10	15	15
	12	15	в соответствии с инструкциями	в соответствии с инструкциями
Угол между замыкающей и направлением ветвей изогнутого хода, не более градусов	75	80	80	80
Значение d при				
	$K = 6$	≥ 2	≥ 2	≥ 2
$K = 12$	≥ 4	≥ 5	≥ 2	≥ 2

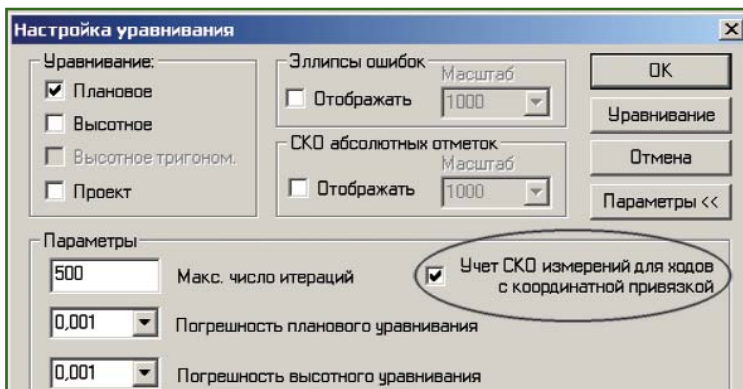


Рис. 3
Пример настройки уравнивания в CREDO_DAT 3.05

грамме CREDO_DAT с версии 3.05 введена возможность отключения режима строгого уравнивания, что обеспечивает оперативный выбор способа уравнивания. Такая настройка применяется, когда значения m_s и m_b неизвестны или их соотношение больше двух. При этом имитируется обычный «ручной» расчет разворота предварительно построенного хода и дирекционных углов, расчет и уравнивание приращений координат. Для этого в параметрах настройки уравнивания отключается флажок «Учет СКО измерений для ходов с координатной привязкой» (рис. 3).

Но предусмотреть все случаи, которые могут возникнуть в процессе полевых работ, невозможно. Поэтому рекомендуется выполнять предварительный расчет точности, определяя оптимальную схему сети и методику измерений. Современные программные продукты (например, CREDO_DAT 3.0) позволяют в интерактивном графическом режиме с использованием растровой подложки выполнить проектирование

и предварительный расчет точности за считанные минуты [11].

С более подробным изложением представленного материала можно ознакомиться в [12].

▼ **Список литературы**

1. Инструкция по полигонометрии и трилатерации. — М., 1976. — С. 104.
2. Инженерные изыскания для строительства. Строительные нормы Республики Беларусь. Введ. 1.02.1996.
3. Гринберг Г.М., Решетов Е.А. Некоторые вопросы технологии построения сетей полигонометрии // Геодезия и картография. — 1971. — № 10. — С. 14–19.
4. Еленевский Н.Н., Капанский В.Н. Вопросы координатной привязки ходов полигонометрии // Геодезия и картография. — 1979. — № 2. — С. 38–40.
5. Ярмоленко А.С. Выбор точности угловых и линейных измерений в вытянутых ходах полигонометрии с координатной привязкой // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. — 1986. — №1. — С. 67–72.
6. Инструкция по установлению, восстановлению и закреплению границ земельных участков. Постановление Комитета по земельным ресурсам,

сам, геодезии и картографии при Совете Министров Республики Беларусь от 16 мая 2002 г. №3.

7. Аврунев Е.К. К вопросу о построении ходов полигонометрии с координатной привязкой // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. — 1984. — № 2. — С. 31–34.

8. Дьяков Б.Н. Нестандартные линейно-угловые ходы // Геодезия и картография. — 1999. — № 7. — С. 19–21.

9. Дьяков Б.Н. Проблема примычных углов в системах линейно-угловых ходов // Геодезия и картография. — 2000. — С. 28–32.

10. Мицкевич В.И., Строк А.В., Черкас Л.А. Некоторые вопросы проектирования геодезических сетей с помощью относительной обусловленности. — Новополоцк, 1999. — С. 6.

11. Пигин А.П., Чадович Д.В., Васильков Д.М. Технология проектирования геодезических построений в CREDO // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. — 2003. — № 9–10. — С. 50–54.

12. Черкас Л.А., Пигин А.П. О построении ходов с координатной привязкой // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. — 2003. — № 11. — С. 16–18.

RESUME

There are a lot of works about projecting and working up of steps with coordinate link. But on the production especially while making surveying supporting system well attention to quality while making such steps is not paid often. On the base of works published by different authors, apparatus of steps estimate by use of relative condition and analysis of industrial objects of different organizations, practical recommendations, which help to avoid rough blunders when constructing such steps, are offered.