

К ВОПРОСУ О ТОЧНОСТИ ОБРАТНОЙ ЛИНЕЙНО-УГЛОВОЙ ЗАСЕЧКИ НА МАЛЫХ РАССТОЯНИЯХ

Антон Викторович Никонов

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры инженерной геодезии и информационных систем, e-mail: sibte@bk.ru

В статье рассматривается вопрос применения обратной линейно-угловой засечки для создания локальной геодезической основы на объектах промышленного строительства.

Ключевые слова: засечка, задача Потенота, геодезическая основа.

ABOUT THE ACCURACY OF RECIPROCAL LINEAR-ANGLES RESECTION FOR SHORT DISTANCES

Anton V. Nikonov

Post-graduate student, Department of Engineering Geodesy and Information Systems, Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., e-mail: sibte@bk.ru

The problem of reciprocal linear-angular resection is considered. It is to be applied for establishment of local geodetic datum at industrial project sites.

Key words: three-point, geodetic datum, resection, Potenot problem.

При геодезическом обеспечении строительства зданий и сооружений широко применяется метод обратной засечки, который позволяет быстро определить координаты места установки прибора с высокой точностью. До появления электронных тахеометров этот способ, известный как задача Потенота, заключался в измерении углов между пунктами с известными координатами (не менее 3 пунктов) для определения координат своего местоположения.

Сегодня встроенное программное обеспечение тахеометра по измеренным углам и расстояниям при визировании на исходные пункты вычисляет координаты станции, в том числе и высотную составляющую, а также делает оценку точности положения определяемого пункта [9, 12].

Для геодезического обеспечения строительства и монтажа оборудования внутри производственного помещения (например, главного корпуса электростанции, градирни) на колоннах каркаса здания или других надежных конструкциях закрепляются точки (отражательные пластины), которые образуют локальную геодезическую основу сооружения [4,5,6,7].

Как правило, координаты этих точек определяют на раннем этапе строительства, пока не смонтированы ограждающие конструкции. Для этого от исходных пунктов (пункты строительной сетки, репера и др.) прокладывают тахеометрический ход по трехштативной системе через строящееся сооружение. При проложении хода с его точек определяются координаты отражательных пластин. На рис. 1-а показан тахеометрический ход, опирающийся на два исходных пункта, с точек которого (точки 2 и 3),

определяются координаты отражательных пластин, закрепленных на колоннах каркаса главного корпуса.

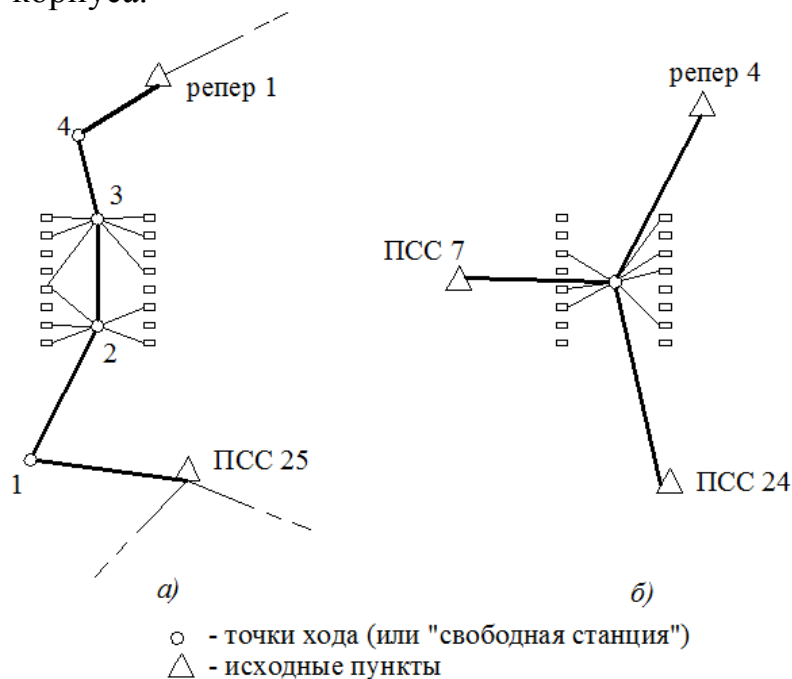


Рис. 1. Схемы создания локальной геодезической основы на колоннах производственного корпуса

Измерения обрабатываются в программном комплексе CREDO_DAT, который производит оценку точности положения пунктов тахеометрического хода. Анализируя ошибки планового положения пунктов хода, принимают решение о возможности их использования для создания локальной геодезической основы сооружения.

Если ошибки в координатах пунктов хода не превышают 5 – 8 мм, то их урванненные значения используются для вычисления координат отражательных пластин. При этом ошибки взаимного положения точек, с которых координируются отражательные пластины (точки 2, 3 на рис. 1-а) должны быть сведены к минимуму и не превышать величин 1 – 2 мм. Если недалеко от строящегося сооружения имеются исходные пункты, то возможно установить тахеометр внутри сооружения, и методом обратной линейно-угловой засечки определить координаты места стояния прибора, с которого в дальнейшем будут определены координаты отражательных пластин (рис. 1-б).

При развитии геодезической основы внутри сооружения неизбежны ошибки (ошибки тахеометрического хода, ошибки наведения на отражательные пластины). Однако наиболее важна взаимная согласованность точек локального обоснования, которое используется при разбивке под технологическое оборудование. В процессе строительства значительная часть отражательных пластин утрачивается или закрывается. Особенность обратной засечки электронным тахеометром заключается в том, что положение станции можно

определить всего по двум пунктам (измеряются два расстояния и угол), что в условиях ограниченного числа исходных пунктов особенно ценно.

Остается не совсем ясным, насколько объективна оценка точности, выдаваемая прибором. Также есть мнение, что если используется два пункта, то необходимо, чтобы угол между ними был близок к 90° и исходные пункты находились на расстояниях одного порядка. Чтобы выяснить насколько эти требования обоснованы и с какой точностью можно засесть от двух исходных пунктов нами были проведены полевые исследования (в два дня), выполненные с применением электронного тахеометра Leica-TS06 ($m_\beta = 2''$).

Летом 2012г на территории штаба строительства Няганской ГРЭС были закреплены три точки (t_1 , t_2 , t_3) в виде светоотражательных пластин на зданиях. Прибор устанавливался примерно равноудалено от закрепленных точек (50м), как показано на рис. 2.

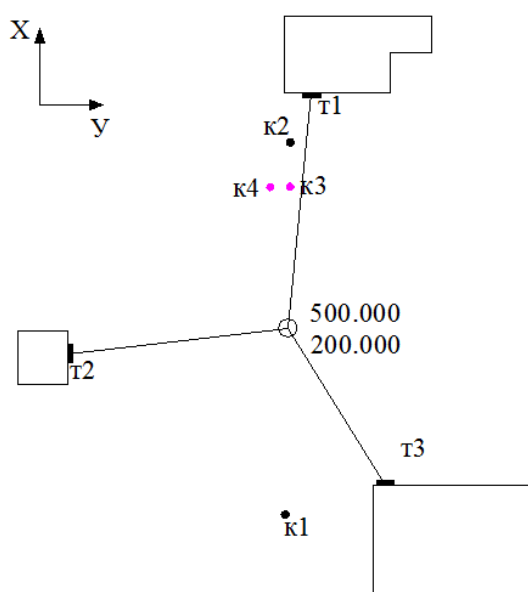


Рис. 2. Схема расположения точек

Станции были присвоены произвольные координаты $X=500.000$, $Y=200.000$, $H=2.000$ м и задана приблизительная ориентировка (как показано на рис. 2). После чего тремя полными приемами были определены координаты трех закрепленных на зданиях точек, средние значения которых были приняты за исходные. Далее была произведена засечка от этих трех пунктов: линейно-угловая, угловая (безконтрольная), а также измерены вертикальные, горизонтальные углы и расстояния на отражательные пластины. Кроме того была произведена линейно-угловая засечка поочередно от двух исходных пунктов (t_1 и t_2 , t_1 и t_3 , t_2 и t_3).

Таким образом, стало возможным сравнить координаты, вычисленные программным обеспечением прибора при различных вариантах засечки, с их истинными значениями (500.000 , 200.000 , 2.000), а также, используя измеренные величины (углы и расстояния), рассчитать координаты станции

вручную по известным формулам и сравнить полученные результаты (см. табл. 1).

Таблица 1

Результаты различных вариантов обратной засечки от отражательных пластин, закрепленных на зданиях (т1, т2, т3)

Варианты обратной засечки (при двух кругах, КЛ и КП) (результаты выписаны с экрана тахеометра)											По формулам	
	лин-угл. от 3 пунктов	Δ^*	угловая	Δ	лин-угл. т1 и т3	Δ	лин-угл. т1 и т2	Δ	лин угл. т2 и т3	Δ	лин.	угловая
X	499,9999	0,2	499,9998	-	499,9997	0,8	500,0001	0,1	500,0003	0	500,002	500,000
У	199,9997	0,2	200,000	-	199,9998	0,8	199,9998	0,1	199,9997	0	199,999	200,000
Н	2,0003	0,4	2,0008	-	2,0002	0	2,0000	0,3	2,0001	0		
Δ "		0		0,1		1		0		0		

* Δ – погрешность, вычисляемая программным обеспечением тахеометра

Как видно из табл. 1, при хорошей конфигурации исходных и определяемого пунктов истинный результат получается во всех случаях. Если рассматривать решение отдельно по углам или расстояниям, то из линейной засечки получается решение с ошибками в пределах точности измерения расстояний ($m_S = 2$ мм), а из угловой засечки получается истинный результат. Следующая часть опыта заключается в проверке качества засечки от двух исходных пунктов при нахождении определяемого в створе с исходными. Для этого координаты места установки прибора были определены комбинированной засечкой (по измеренным углам и расстояниям) от трех исходных точек на зданиях (т1, т2, т3). Результат засечки: X=499,9743, У=199,9781, Н=2,0398. Как было показано выше, при линейно-угловой засечке от трех пунктов с хорошей конфигурацией и при небольших расстояниях (четкие изображения марок) координаты получаются верными. Затем на расстоянии 50 м от прибора были забиты колья со светоотражающими пластинами (рис. 2, точки к1 и к2), таким образом, чтобы прибор оказался примерно в створе двух колышков. Три приемами отражательные пластины на кольях к1 и к2 были закоординированы.

Далее, не меняя положение прибора, определялись координаты станции методом комбинированной засечки от точек к1 и к2 сначала при КЛ, потом при КП, а также два раза при двух положениях вертикального круга. Результаты засечек сравнивались с координатами, полученными при засечке от трех пунктов на зданиях (т1, т2, т3). Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты обратной комбинированной засечки от двух пунктов (к1 и к2)

	КЛ	Δ , мм	КП	Δ , мм	КЛ и КП 1	Δ , мм	КЛ и КП 2	Δ , мм	исходные
X	499,9742	0,3	499,9740	0,4	499,9737	0,4	499,9742	0,6	499,9743

У	199,9785	0,3	199,9779	0,4	199,9782	0,4	199,9779	0,6	199,9781
Н	2,0444	0,4	2,0354	0,2	2,0402	0,5	2,0400	0,4	2,0398

Из таблицы следует, что если при засечке находиться практически в створе между двумя исходными пунктами, на равном удалении от каждого, прибором вычисляются координаты точки стояния с ошибкой практически не более 0,5 мм. Если у используемого тахеометра давно проводились полевые поверки, то целесообразно выполнять измерения при двух кругах. В нашем случае верная высота станции определяется только при визировании на цели при КП и КЛ.

Во второй день эксперимента была произведена засечка от трех исходных пунктов (t_1 , t_2 , t_3). Были еще раз получены координаты отражательных пластин на кольшках (k_1 и k_2), а также были забиты и закоординированы еще два кольшка (рис. 2, точки k_3 и k_4). Кольшек k_3 в створе кольев k_1 и k_2 (в 11 метрах от k_2), а кольшек k_4 не в створе (в 13 метрах от k_2). Эти координаты в дальнейшем приняты за истинные.

Вновь полученные координаты кольев k_1 и k_2 отличаются от полученных в первый день по оси У на 2 мм. То есть при засечке от трех пунктов координаты могут быть получены достоверно, однако может произойти разворот (ошибка в ориентировке прибора). В конкретном случае ордината точки k_1 увеличилась на 3,1 мм, а точки k_2 уменьшилась на 2,2 мм. Для данных расстояний (48,5м) это соответствует развороту в 11".

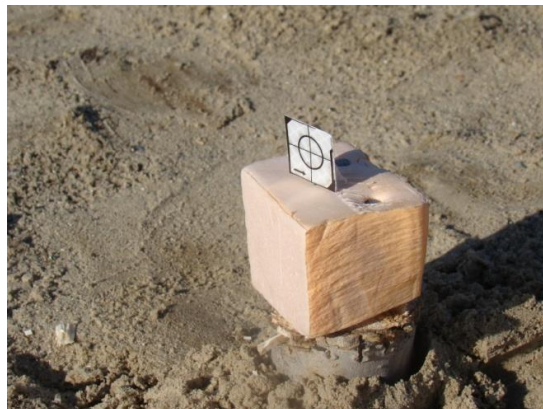


Рис. 3. Отражательная пластина на кольшке (k_3 , k_4)

Следующая часть опыта выполнена, чтобы оценить результаты обратной засечки от двух исходных пунктов, если определяемый пункт находится вблизи от одного из исходных. После определения координат новых точек (кольшки k_3 и k_4) прибор центрировался над каждой из них и производилась засечка от пластин на кольях k_1 и k_2 (использовались координаты k_1 и k_2 , полученные в последний день). Результаты засечки представлены в табл. 3 и 4.

Из табл. 3 следует, что при засечке от двух исходных пунктов, при нахождении в их створе (неподалеку от одного из исходных), отличия координат от принятых за истинные получаются не более 1,5 мм и частично включают ошибки измерений и центрировки. Из табл. 4 следует, что при засечке от двух исходных пунктов, находясь вблизи от одного из них (угол засечки $\sim 153^\circ$), координаты отличаются от принятых за исходные на величину

не более 2 мм. Также видно, что координаты колышка k_4 , полученные из разных вариантов засечки, практически не отличаются друг от друга, а отличие контрольных измерений на т1 от исходных находится в пределах 1мм.

Таблица 3

Результаты обратной засечки точки k_3 от двух пунктов (k_1 и k_2)

	В створе от кольев	Δ , мм	после доп. центр	Δ , мм	Истинные
X	537,0805	1,5	537,0808	1,2	537,0795
У	200,6392	1,5	200,6398	1,2	200,6387
Н	1,9438	0,5	1,9438	0,4	
Ошибка угл."		0		0	
Контроль на т1	561,7252		561,7257		561,7268
	206,2786		206,2789		206,2793
	2,5895		2,5874		2,5892
контр. засеч. от т1 и т3	537,0813	1,4	537,0809	1,3	
	200,6400	1,4	200,6405	1,3	
	1,9442	0,6	1,9437	0,5	
		1"		1"	

Таблица 4

Результаты обратной засечки точки k_4 от двух пунктов (k_1 и k_2)

	Не в створе	Δ	после доп. центр	Δ	Истин.	Засеч. т1, т3, к1,к2	Δ
X	536,9396	0,7	536,9401	1,5	536,9376	536,9402	0,9
У	195,4063	0,7	195,4060	1,5	195,4053	195,4065	0,9
Н	1,9386	0,3	1,9383	0,5		1,9384	0,3
Δ "		0		1			1
Контр. на т1	X	561,7259	561,7260		561,7268		
	У	206,2786	206,2785		206,2793		
	Н	2,5870	2,5873		2,5892		
От т1 и т3	X	536,9401	0,8				
		195,4068	0,8				
		1,9383	0,6 1"				

Выводы:

1. При засечке на малых расстояниях (до 70м) и расположении определяемого пункта внутри круга, образованного тремя исходными пунктами (приблизительно равноудалено от них), результаты обратной линейно-угловой засечки получаются верными (ошибки не более 1 мм), при условии, что ошибки взаимного положения исходных пунктов минимальны.

2. При линейно-угловой засечке пункта, равноудаленного от двух исходных, результаты засечки получаются верными, однако при этом следует избегать острых углов засечки (менее 30°).

Результаты расчетов для этого вида засечки, выполненные для углов от 10 до 170°, показали, что чем ближе определяемый пункт находится к створу между исходными пунктами, тем выше точность определения его положения [1].

3. Во всех случаях необходимо учитывать факторы, которые могут вызвать увеличение ошибки засечки:

- ошибки исходных данных,
- ошибки из-за влияния внешних условий,
- ошибки из-за наклона вехи (при использовании исходных точек, закрепленных на горизонтальной поверхности, например на верхнем торце железобетонного забора),
- ошибки, связанные со значительным отличием угла между поверхностью отражательной пластины и визирным лучом от 90°. Так, погрешность измерения электронным тахеометром расстояний в безотражательном режиме зависит от угла падения лазерного луча на отражающую поверхность. Для наиболее распространенных строительных материалов указанная погрешность не превышает заявленной точности измерения расстояний при угле падения от 0 до 40° [2].

4. Даже при точном определении координат пункта из засечки, может иметь место нарушение ориентировки прибора, а связанные с этим ошибки при производстве работ будут увеличиваться с расстоянием. Поэтому при выполнении наиболее ответственных измерений необходимо производить засечку не менее чем от трех исходных пунктов и производить работы в пределах окружности, образованной исходными пунктами.

В целом ошибки положения определяемого пункта минимальны, когда он находится вблизи треугольника образованного исходными пунктами или внутри него [1].

5. В опыте, ошибки засечки от двух исходных пунктов больше, при нахождении определяемого пункта вблизи от одного из исходных, однако и они не превышают значений 1,5 – 2 мм.

При этом результаты опыта отражают конкретные условия и конфигурацию исходных и определяемого пунктов и не могут служить основанием для формулировки вывода о возможности производства всех видов работ от двух исходных пунктов, тем более, что в эксперименте ошибки исходных данных были сведены к минимуму.

6. При использовании локальной геодезической основы в сооружении с возведенными стенам и крышей, исключается фактор воздействия внешней среды на измерения. Это позволяет несколько повысить точность геодезических работ на этапе строительства и монтажа оборудования, в период, когда не работают производственные механизмы (генераторы, дробильные мельницы и т.д.) [8,10,11].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лукин А.С., Портнов А.М. Геодезические засечки и их точность при производстве кадастровых работ // Вестник СГГА. – 2011. – Вып. 3(16). – С. 53–59.

2. Назаров И.А. Исследование влияния угла падения лазерного луча и отражающих свойств поверхности на точность измерения расстояний безотражательным электронным тахеометром // Интернет-вестник ВолГАСУ. Сер.: Политематическая. 2011. Вып. 2(16). URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&articleno=548>

3. Некоторые методы производства инженерно-геодезических работ [Электронный ресурс]. URL: <http://cnb.by/content/view/1561/30/lang.ru/>

4. Скрипников В.А., Скрипникова М.А. Технологическая схема геодезического обеспечения реконструкции гидрогенератора// // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 1. – С. 46–51.

5. Хорошилова Ж.А., Хорошилов В.С. Деформационный мониторинг инженерных объектов как составная часть геодезического мониторинга // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 1. – С. 77–80.

6. Прогноз деформаций с использованием функций показательного многочлена / В.А. Середович, Р. Эхигиатор-Иругхе, О.М. Эхигиатор, Х. Ориакхи // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 1. – С. 148–155.

7. Сальников В.Г. Геодезические работы при возведении градирен большой высоты // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 1. – С. 72–77.

8. Скрипников В.А., Скрипникова М.А. Совершенствование схем планового обоснования для определения горизонтальных смещений гидротехнических сооружений // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 1, ч. 1. – С. 97–100.

9. Басаргин А.А. Анализ деформаций фундаментов промышленных сооружений с применением геостатистических методов // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 1. – С. 201–206.

10. Басаргин А.А. Вариограммный и ковариационный анализ результатов наблюдений за осадками фундаментов инженерного сооружения // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 1, ч. 1. – С. 13–18.

11. Лесных Н.Б., Лесных Г.И., Малиновский А.Л. Предельные ошибки измерений // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 1, ч. 1. – С. 26–32.

12. Результаты комплексных геодезическо-гравиметрических наблюдений на геодинамическом полигоне Спорышевского месторождения / В.А. Середович, А.И. Каленицкий,

Э.Л. Ким, М.Д. Козориз // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 1, ч. 1. – С. 12–15.