

ИССЛЕДОВАНИЯ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ СТАНЦИИ ОБРАТНОЙ ЛИНЕЙНО-УГЛОВОЙ ЗАСЕЧКИ ПРИ ИЗМЕРЕНИЯХ В УЗКИХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ

И.В. Горяинов

АО «Мосметрострой», г. Москва, Россия

Аннотация: В статье приведены результаты исследований точности геодезических и маркшейдерских построений в сложных условиях узких горных выработок. Основным способом работ в таких условиях является обратная линейно-угловая засечка, производимая электронным тахеометром. Показано, что соблюдение строгих требований к геометрии таких засечек затруднительно. Обоснована необходимость теоретических и практических исследований данного вопроса. Приведено экспериментальное подтверждение ранее выполненных теоретических исследований. Подтверждено, что при высокой точности современных приборов и совместной обработке линейных и угловых измерений, геометрия обратной линейно-угловой засечки не оказывает существенного влияния на точность. Показаны результаты экспериментов и дан их краткий анализ. Результаты исследований могут быть полезны специалистам геодезии и маркшейдерии, работающим на объектах строительства и добычи полезных ископаемых, как на открытых, так и на подземных горных выработках.

Ключевые слова: маркшейдерия, геодезия, строительство, обратная линейно-угловая засечка, электронный тахеометр, точность, погрешность, координаты, горная выработка, метрополитен.

STUDIES OF THE ACCURACY OF DETERMINING THE COORDINATES OF THE RESECTION STATION DURING MEASUREMENTS IN NARROW MINE WORKINGS

I.V. Goryainov

JSC «Mosmetrostroy», Moscow, Russia

Abstract: The article presents the results of studies of the accuracy of geodetic and surveying constructions in difficult conditions of narrow mine workings. The main method of work in such conditions is the resection produced by an total station. It is shown that compliance with strict requirements for the geometry of such serifs is difficult. The necessity of theoretical and practical studies of this issue is substantiated. Experimental confirmation of previously performed theoretical studies is given. It is confirmed that with the high accuracy of modern instruments and the joint processing of linear and angular measurements, the geometry of the inverse linear-angular serif does not significantly affect the accuracy. The results of the experiments are shown and their brief analysis is given.

The results of the research can be useful to specialists of geodesy and surveying, working at construction and mining facilities, both in open and underground mine workings.

Keywords: surveying, geodesy, construction, resection, total station, accuracy, error, coordinates, mining, metro.

При выполнении геодезическо-маркшейдерских работ в России широко используются электронные тахеометры и приборы для наблюдений спутниками. Использование приборов спутниковых приемников и электронных тахеометров позволяет решать практически любые геодезическо-маркшейдерские задачи. Создание геодезическо-маркшейдерской основы может выполняться любым известным методом, удовлетворяющим требованиям точности, но предпочтение отдается линейно-угловому, как наиболее точному, или полигонометрии в закрытых условиях территории объекта.

Особенно целесообразно использовать пространственные сети при передаче обоснования в котлован, располагая

марки поярусно по мере его разработки, что обеспечивает на них видимость и удобство наблюдений. Для выноса проекта в натуру на рабочем горизонте устанавливается в удобном месте тахеометр, координаты его положения определяются из решения обратной линейно-угловой засечки (ОЛУЗ — «Свободная станция») [1-5]. Далее производятся разбивочные работы. Передача координат и высот на марки следующего яруса выполняются поэтапно с рабочих горизонтов со «Свободной станции» (рис. 1). Геометрия засечек при этом не удовлетворяет классическим требованиям к геодезии, так как инструмент устанавливается в единственно возможных местах [6]. Углы при определяемой станции могут приближаться к 180°.

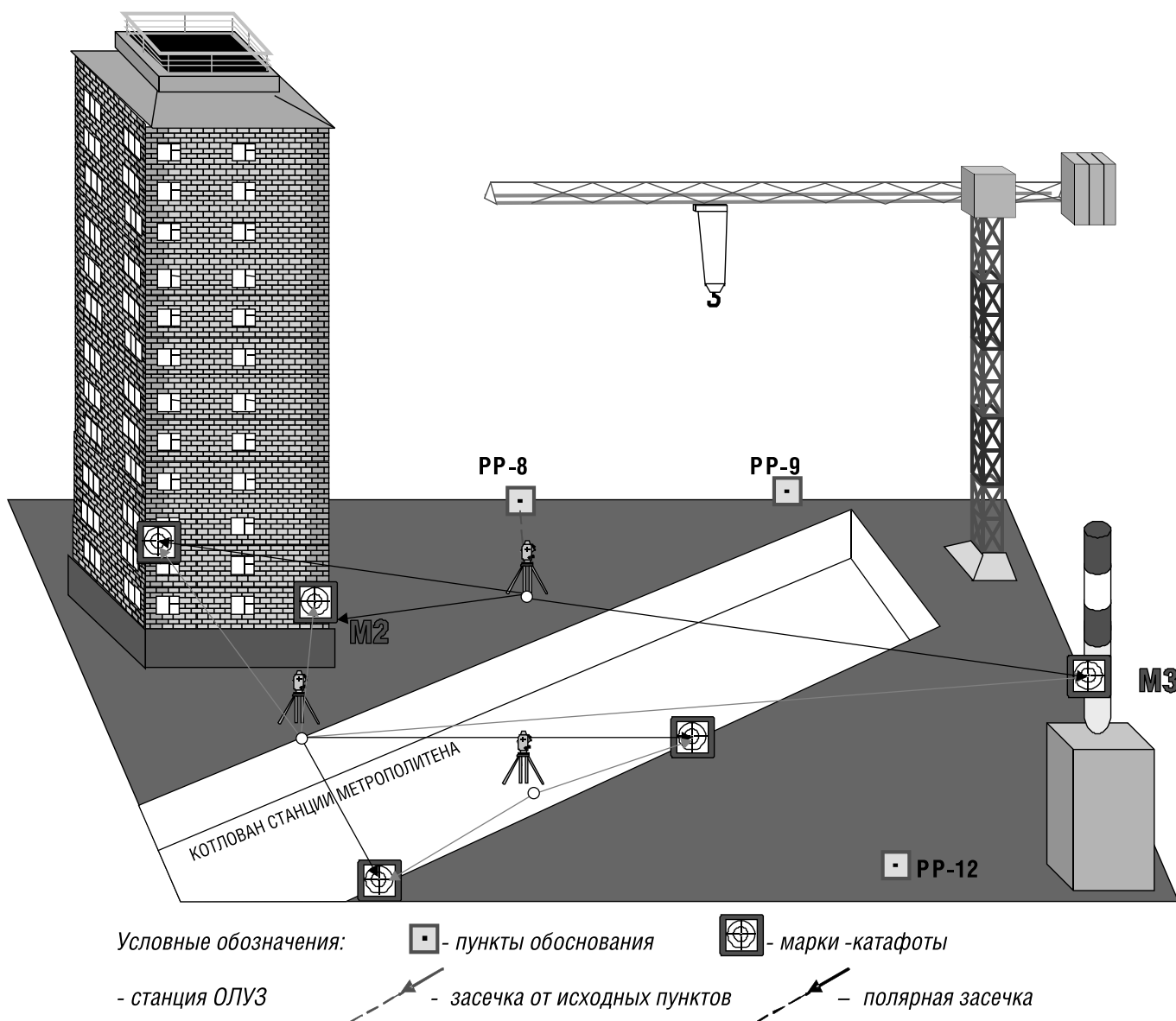


Рис. 1. Схема построения цепи засечек при передаче координат в котлован / Fig. 1. The scheme of constructing a chain of serifs when transmitting coordinates to the pit.

Цель исследования: точность определения координат станции обратной линейно-угловой засечки при измерениях в узких горных выработках.

Методика исследований

Обратная линейно-угловая засечка (ОЛУЗ) широко используется при разбивочных работах и контрольных измерениях.

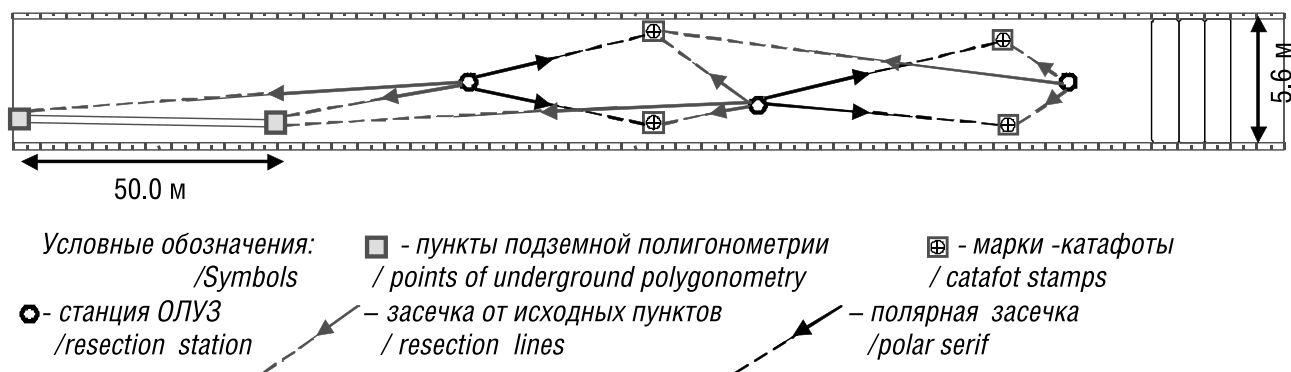


Рис. 2. Схема развития сети цепочками пространственных засечек. Ширина тоннеля метрополитена увеличена для наглядности / Fig. 2. Diagram of network development by spatial serif chains. The tunnel width has been increased for clarity.

ниях положения опалубок, при сгущении обоснования. Здесь особенно важно знать влияние формы треугольников на решение ОЛУЗ, так как по мере продвижения строительства часто треугольники имеют вытянутую форму. В работах [1, 2] выполнены теоретические расчеты точности определения координат «станций» из решений ОЛУЗ и построений цепи треугольников (рис. 2).

Несмотря на теоретические исследования, остаются опасения, связанные со снижением точности из-за вытянутых форм треугольников. Так теоретически доказывается, что точность определения координат не зависит от формы треугольников: остроугольности, вытянутости, разности длин сторон. Объясняется это высокой точностью измерений всех расстояний и углов ($m_S = 2$ мм, $m\beta = 3$) в фигурах. Подобные схемы построений сети используются в маркшейдерии — при проходке перегонных тоннелей метро закрытым способом.

В классической геодезии оптимальной фигурой построений считается треугольник с углами 90° , а углы вершины засечки допускаются от 30° до 150° , в противном случае считается, что решение треугольника существенно ухудшается.

Для подтверждения теоретических выводов на геополигоне были проведены исследования точности определения координат пунктов из решений ОЛУЗ при различных формах треугольников и разных длинах сторон.

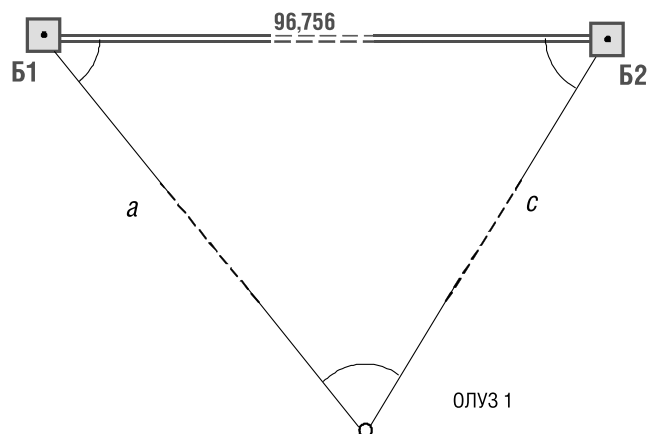
Для того чтобы подтвердить теоретические выводы, на Заокском учебном полигоне МИИГАиК была проведена серия экспериментов. Главной задачей эксперимента было доказательство того, что для оценки точности важнее удаление от визирной цели, а не геометрия засечки. Перед проведением эксперимента были детально изучены работы схожей тематики [7-13].

Методы и материалы исследований

Первоначально был разбит базис длиной 96,756 м. Он был закреплён временными пунктами из больших деревянных кольев. Центры пунктов были обозначены гвоздями с диаметром шляпки 1,5 мм. Все последующие пункты закреплялись аналогично. Стоит отметить, что закрепление пунктов носило в основном психологический характер, и было необходимо только на случай, каких либо чрезвычайных происшествий. Все измерения выполнялись по трехштативной системе. Координаты пунктов базиса были приняты за исходные и относительно пунктов базиса определялись все остальные пункты. На пунктах базиса были установлены тяжёлые деревянные штативы, специально предназначенные для инженерных работ. Первой точке базиса присваивались условные координаты $X=500,000$ $Y=1000,000$. Второй точке базиса $X=500,000$ $Y=1096,756$, т.е. просто измеренное расстояние.

Первая часть эксперимента состояла в проверке точности определения координат обратных линейно-угловых засечек близких по конфигурации к равнобедренным треугольникам. Тахеометром от двух точек базиса проводилась обратная линейно-угловая засечка. Получались координаты определённые непосредственно программным обеспечением самого электронного тахеометра. Далее полным приёмом измерялись углы и расстояния на всех трёх пунктах сети. Таким образом, после уравнивания в программе Credo DAT получались эталонные координаты, которые можно было сравнивать с координатами, полученными непосредственно тахеометром.

Первоначально были проведены измерения в треугольнике при конфигурации близкой к равносторонней (частный случай равнобедренного треугольника). Данная схема измерений приведена на рис. 3.

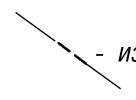


Условные обозначения :
/Symbols

 Б1 - пункты базиса
/ basis points

 96,756 - базис
/ basis

 - станция ОЛУЗ
/station resection lines

 - измеряемые стороны
/ measured sides

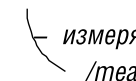
 - измеряемые углы
/measured angles

Рис. 3. Схема линейно-угловой сети в виде равнобедренного треугольника /
Fig. 3. Diagram of the linear-angular network in the form of an equilateral triangle.

Использовался комплект ЭТ фирмы Sokkia SET CX 105 № GSI 807. Прибор и его комплект перед исследованиями был поверен, протестирован, отвечал всем требованиям Инструкции по эксплуатации. Постоянная светодальномера $C=-30$ мм.

Первой фигурой был равнобедренный треугольник с базисной стороной 96,756 м и углом вершины («Свободной станции») $61,50$ (рис. 3). При этом использовалась трехштативная система с подставками-адаптерами. Визирными целями служили уголкового призм (рис. 4), отражательная плоскость которых визуальнo устанавливалась под прямым углом к линии визирования. Это позволяло полностью исключить ряд погрешностей визирования [13-19]. На пунктах закрепленного базиса центрировались штативы и оставались неподвижными с подставками до завершения исследований. Подвижным был штатив, устанавливаемый на определяемых точках — «станциях». Координаты базисных пунктов — условные (рис. 3).



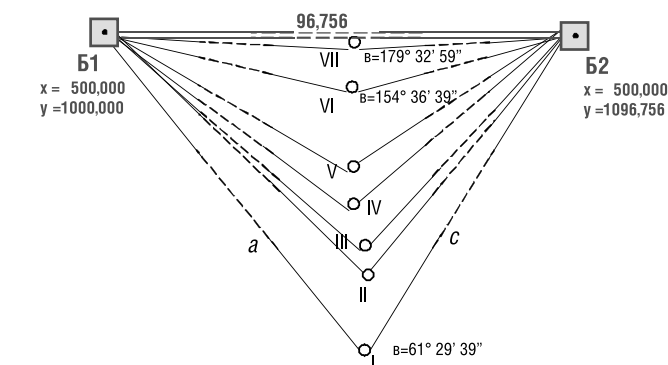
Рис. 4. Угловой отражатель с трегером / Fig. 4. Corner reflector with tribrach.

Координаты «станции» (точка № 1) определялись дважды – при КЛ и КП, автоматически на дисплей выдавалась оценка точности (σ_x , σ_y) полученных координат при каждом круге. Далее, для соблюдения равноточности измерений, при КЛ и КП измерялись горизонтальный угол и расстояния до пунктов базиса, выводились средние значения величин. Затем тахеометр снимался с подставки и переносился на базисный пункт Б1, здесь с подставки снималась марка с адаптером, вместо нее устанавливался тахеометр, а марка с адаптером устанавливалась на штативе в определяемой точке, т.е. вместо тахеометра. Контролировалась центрировка приборов, т.е. неподвижность штативов. Измерялся при базисный угол при КЛ и КП, а также расстояния до определяемой точки № 1 и базисной точки Б2. Далее на базисных точках производилась замена тахеометра на марку и наоборот. При этом подставки оставались на штативах. Проверялась центрировка приборов, выполнялись измерения на пункте Б2: при базисный угол при КЛ и КП, расстояния базиса и до определяемой точки № 1. Выводились средние значения измеренных величин. Таким образом, методика измерений исключает полностью влияние центрировки и редукции приборов в обоих случаях определения координат точки № 1.

Далее штатив с маркой снимался с точки № I и перемещался на точку № II ближе к базису с соблюдением равен-

ства сторон. Выполнялись измерения на базисных пунктах углов и расстояний на точку № II по вышеописанной методике. Затем тахеометр устанавливался на определяемой точке № II, решалась ОЛУЗ, измерялись расстояния до базисных точек и горизонтальный угол так же при КЛ и КП. По этой схеме были выполнены измерения на 7-и точках (рис. 5, табл. 1).

Результаты исследований



Условные обозначения :
/ Symbols

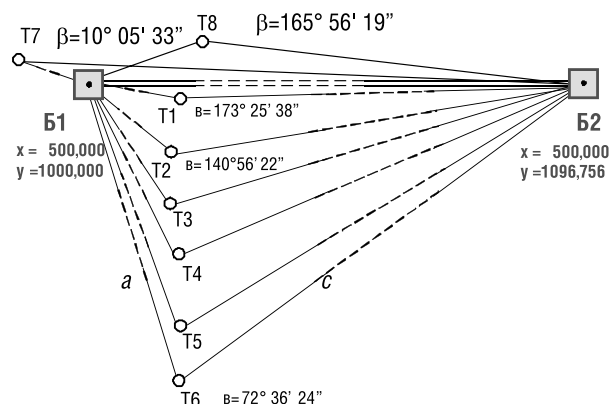
— а, с — измеряемые стороны

$\beta = 61^\circ 29' 39''$ — угол при определяемом пункте — базис
/ the angle at the defined point

○ — Обратная линейно-угловая засечка (тахеометр)
/ Resect (total station)

Рис. 5. Схема сети. Измерения в треугольниках близких к равнобедренным / Fig. 5. Network diagram. Measurements in triangles close to isosceles.

Затем схемы фигур треугольников были изменены за счет резкого отличия длин сторон от определяемой точки до пунктов базиса (рис. 6). Определение координат пунктов ОЛУЗ и контроль их определения производились по вышеизложенной методике. Особое внимание уделено ОЛУЗ с предельно острыми углами в треугольниках, т.е. когда определяемые точки располагались в 20 см от линии базиса.



Условные обозначения / Symbols:

$\beta = 72^\circ 36' 24''$ — угол при определяемом пункте
/ the angle at the defined point

а, с — измеряемые стороны

○ Т6 — Обратная линейно-угловая засечка (тахеометр)
/ Resect (total station)

Рис. 6. Схема сети. Измерения в разносторонних треугольниках / Fig. 6. Network diagram. Measurements in versatile triangles.

Таблица 1 / Table 1

Результаты эксперимента по треугольникам, близким к равнобедренным / Results of the experiment on triangles close to isosceles.

№ п/п	Угол при определяемом пункте β°''' / The angle at the defined point	Измеряемые стороны / Measured sides		Невязка в треугольниках $\Delta\beta$ (") / Discrepancy in triangles	Координаты станции (линейно-угловая сеть) / Station coordinates (linear-angular network)		Обратная линейно-угловая засечка (тахеометр) / Resection (total station)		Разницы координат / Coordinate differences $dx_i = X_i - X_i$ $dy_i = Y_i - Y_i$	
		a(м)	c(м)		X(м)	Y(м)	x(м)	y(м)	dx(мм)	dy(мм)
I	61 29 39	93,871	95,366	-6	418,694	1046,917	418,692	1046,916	2	1
II	71 48 36	81,700	83,271	-6	433,200	1047,038	433,200	1047,039	0	-1
III	79 52 54	73,453	77,191	+1	442,311	1045,468	442,310	1045,468	1	0
IV	98 49 50	61,857	65,511	+2	458,615	1045,974	458,615	1045,974	0	0
V	122 20 20	53,572	56,859	-13	473,402	1046,502	473,402	1046,502	0	0
VI	154 36 39	48,109	51,070	-1	489,113	1046,860	489,113	1046,860	0	0
VII	179 32 59	49,767	46,990	5,5	499,810	1049,766	499,809	1049,766	1	0

Результаты измерений и их обработки приведены в табл. 2.

Обсуждение результатов исследований

Координаты пунктов из контрольных измерений углов и расстояний треугольников вычислялись по известным формулам дважды — по двум измеренным сторонам и предварительно исправленным углам поровну за невязку в треугольниках ($d\beta = \pm \Delta\beta/3$). Результаты исследований приведены в табл. 1, 2, из которых можно заключить: точность определения координат пунктов из решения обратной линейно-угловой засечки зависит от точности измерений сторон и углов в треугольниках, а не от их формы.

Заключение

Можно сказать, что классические ограничения на величину измеряемого угла ($30^\circ \leq \beta \leq 150^\circ$) при станции засечки потеряли актуальность для современных инструментов. Форма треугольника измерений не оказывает существенного влияния на точность. Теоретические расчеты, выполненные в работах [1-3, 20], полностью подтвердились экспериментально.

Полученные результаты исследований необходимо при сопровождении строительства, где требуется высокая точ-

ность геодезических работ, особенно при маркшейдерском сопровождении строительства тоннелей. Одновременно с тем автор статьи выражает надежду, что проведенные исследования создадут предпосылки для обновления нормативно-правовой базы. Это задача актуальна и требуется для всей отрасли геодезии и маркшейдерии [21]. Помогут сделать ее более актуальной и соответствующей реалиям времени.

По изложенному выше материалу можно сделать следующие выводы:

- ✦ форма треугольников обратной линейно-угловой засечки (две измеряемые стороны и угол) не влияет на точность определения координат станции. Точность определения координат, зависит лишь от точности электронного тахеометра;
- ✦ разносторонность в треугольнике измерений обратной линейно-угловой засечки не оказывает существенного влияния на точность;
- ✦ работа в узких горных выработках (монтажные камеры щитовой проходки, котлованы станций метрополитена) не уступает по точности геодезическим работам в нормальных условиях.

Таблица 2 / Table 2

Результаты эксперимента в разносторонних треугольниках / The results of the experiment in versatile triangles.

№ п/п	Угол при определяемом пункте β°''' / The angle at the defined point	Измеряемые стороны / Measured sides		Невязка в треугольниках $\Delta\beta$ (") / Discrepancy in triangles	Координаты станции (линейно-угловая сеть) / Station coordinates (linear-angular network)		Обратная линейно-угловая засечка (тахеометр) / Resection (total station)		Разницы координат / Coordinate differences $dx_i = X_i - X_i$ $dy_i = Y_i - Y_i$	
		a(м)	c(м)		X(м)	Y(м)	x(м)	y(м)	dx(мм)	dy(мм)
T1	173 25 38	27,086	69,801	+6	497,763	1026,992	497,763	1026,994	0	-2
T2	140 56 22	22,596	78,160	+12,5	488,498	1019,449	488,498	1019,449	0	0
T3	113 59 22	32,918	79,280	0	476,106	1021,163	476,106	1021,162	0	1
T4	89 26 49	47,792	84,592	-13	458,218	1023,203	458,219	1023,205	-1	-2
T5	83 09 14	53,285	87,364	+7	452,230	1023,611	452,230	1023,611	0	0
T6	72 36 24	63,490	92,422	+7,5	440,887	1023,137	440,886	1023,138	1	-1
T7	10 05 33	14,358	110,887	+5,5	502,889	985,908	502,888	985,908	1	0
T8	165 56 19	30,295	67,089	-14,5	505,103	1029,862	505,102	1029,863	1	-1

✧ точность выполнения работ позволяет выполнять все работы по ступени сети не только в плане, но и по высоте [19, 22].

Необходимо отметить, что на точность измерения расстояний ЭТ оказывает влияние неперпендикулярность луча лазера к светоотражательной плоскости марки (катафота). Например, для ЭТ SET 350 RX фирмы Sokkia на предельном угле (когда прибор прекращает измерение расстояния), погрешность в измерении может достигать 16 мм, приборы фирмы Leica на предельном угле неперпендикулярности выдают сообщение «плохие условия», т.е. не допускают погрешности [23, 24]. Важность выбора качественной визирной цели также отмечается в источниках [25].

Выводы

В статье приведены результаты исследований точности геодезических и маркшейдерских построений в сложных условиях узких горных выработок. Основным способом работ

в таких условиях является обратная линейно-угловая засечка, производимая электронным тахеометром.

Показано, что соблюдение строгих требований к геометрии таких засечек затруднительно. Обоснована необходимость теоретических и практических исследований данного вопроса. Приведено экспериментальное подтверждение ранее выполненных теоретических исследований. Подтверждено, что при высокой точности современных приборов и совместной обработке линейных и угловых измерений, геометрия обратной линейно-угловой засечки не оказывает существенного влияния на точность. Показаны результаты экспериментов и дан их краткий анализ.

Результаты исследований могут быть полезны специалистам геодезии и маркшейдерии, работающим на объектах строительства и добычи полезных ископаемых, как на открытых, так и на подземных горных выработках. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Горяинов И.В. Обратная линейно-угловая засечка: новый взгляд на геометрию геодезической засечки // Инженерные изыскания. Геомаркетинг, №6, М., 2016 г.
2. Горяинов И.В. О наилучшей конфигурации обратной линейно-угловой засечки и необходимом количестве пунктов для достижения заданной точности // Известия вузов, Геодезия и аэрофотосъемка, №4, 2016 г.
3. Нестеренок, М.С. Приближенная оценка точности обратной линейно-угловой засечки / М.С. Нестеренок, С.А. Нудный, Н.Ю. Щур // Наука — образованию, производству, экономике: материалы 12-й Международной научно-технической конференции. Т. 3. - Минск: БНТУ, 2014 г.
4. Шеховцов Г.А. Единый алгоритм уравнивания, оценки точности и оптимизации геодезических засечек [Текст]: монография / Г.А. Шеховцов; Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т - Н. Новгород: ННГАСУ, 2017.
5. Давлатов Р.А. Анализ влияния ошибок исходных данных при выполнении последовательной обратной линейно-угловой засечки / Давлатов Р.А.; Приложение к журналу известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка // Сборник статей по итогам научно-технической конференции № 6, Москва, 2013.
6. Медведев В.Е. К вопросу о контроле защитных оболочек АЭС в период приемо-сдаточных испытаний / Медведев В.Н. Киселев А. С., Киселев А. С., Стрижов В.Ф., Ульянов А.Н., Скорикова М.И., Пимшин Ю.И. Глобальная ядерная безопасность №2 (35) // Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», М. 2020 г.
7. Пимшин, И.Ю. Исследование влияния геометрии обратной линейно-угловой засечки на точность определения координат станции стояния прибора, вычисленных электронными тахеометрами различных производителей / И.Ю. Пимшин, Т.М. Пимшина, М.А. Корсунов // Транспорт: наука, образование, производство (Транспорт-2020): сб.науч.тр. в 2 т. Т.2. - Ростов н/Д: Рост. гос. ун-т. путей сообщения, 2020. - С.336-340.
8. Соколова, В.А. Применение гнсс и лазерного сканирования для мониторинга состояния крупногабаритных объектов строительства / В.А. Соколова, В.И. Куштин, Н.А. Мелющенко // Транспорт: наука, образование, производство (Транспорт-2020): сб.науч.тр. в 2 т. Т.2. - Ростов н/Д: Рост. гос. ун-т. путей сообщения, 2020. - С.350-354.
9. Смолич С.В. Оценка погрешности маркшейдерско-геодезических измерений методом Монте-Карло / Смолич С.В., Просекин Б.А., Юдина И.Н. / Кулагинские чтения: техника и технологии производственных процессов. // Сборник статей XIX Международной научно-практической конференции. В 3 ч. ответственный редактор: А. В. Шапиева. 2019. С. 108-112.
10. Хайков В.Т. Развитие маркшейдерской службы ТОО «Altyntau Kokshetau» // Маркшейдерия и недропользование. 2019. № 2 (100). С. 13-14.
11. Низаметдинов Н.Ф. Лазерно-цифровые технологии измерений при наблюдениях за состоянием прибортовых массивов/ Низаметдинов Н.Ф., Низаметдинов Р.Ф., Олейникова Е.А., Капасова А.З., Оралбай А. // Маркшейдерский вестник. 2020. № 4 (137). С. 43-48.
12. Ашинов Ю.Н. Организация инженерно-геодезических работ при строительстве зданий горнолыжных комплексов / Ашинов Ю.Н., Глецерук И.Р., Брантова М.М./ Наука XXI века: проблемы, перспективы и актуальные вопросы развития общества, образования и науки // Международная межвузовская осенняя научно-практическая конференция. 2019. С. 60-67.
13. Никонов А.В. О точности построения плано-высотной геодезической разбивочной основы наземными методами/Никонов А.В., Чешева И.Н. / Интерэкспо Гео-Сибирь. 2019. Т. 1. № 1. С. 130-143.
14. Вердиев С.Б. Выбор оптимального режима работы электронных тахеометров при геодезических измерениях в условиях сильного аэрозольного загрязнения атмосферы / Вердиев С.Б. // Геодезия и картография. 2018. Т. 79. № 8. С. 12-19.
15. Ивасик Д.В. Инновации современной геодезии в дорожном и аэродромном строительстве/ Ивасик Д.В., Васильченко А.А., Кокарев К.В. // Инженерный вестник Дона. 2018. № 2 (49). С. 163.
16. Крячок С.Д. Определение постоянной поправки дальнометра электронного тахеометра в линейно-угловой сети / Крячок С.Д. Технические науки и технологии. 2018. № 2 (12). С. 263-272.

17. Кеворков И.А. Полевые исследования электронных тахеометров / Кеворков И.А., Парпура Д.И., Курмачев Р.Д., Приimenko А.О., Галстян А.М. // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2017. Т. 12. № 1. С. 47-57.
18. Гура Д.А. Разработка методики исследования погрешностей измерения горизонтальных углов электронными тахеометрами // Приложение к журналу Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. Сборник статей по итогам научно-технической конференции. 2015. № 8. С. 89-91.
19. Сальников В.Г. Современная методика выноса главных осей турбоагрегатов / Сальников В.Г. // Вестник Сибирской государственной геодезической академии. 2014. № 1 (25). С. 27-33.
20. Josep M. Font-Llagunes, Joaquim A. Batlle. New Method That Solves the Three-Point Resection Problem Using Straight Lines Intersection/ Journal of Surveying Engineering. May, 2009. pp. 39-45.
21. Горилько А.С. К вопросу о необходимости обновления инструкции по выполнению крупномасштабных топографических съемок / Горилько А.С. // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2017. Т. 1. № 1. С. 29-34.
22. Сопоставление точности геометрического и тригонометрического нивелирования при создании маркшейдерских высотных сетей / Гордеев В.А., Раева О.С. // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2014. № 6. С. 79-84.
23. Мирошниченко С.Г. Определение значений поправок у призмённых отражателей /Мирошниченко С.Г., Потюхляев В.Г. // Маркшейдерский вестник. 2011. № 6 (86). С. 23-25
24. Швидкий В.Я., Сумин М.Н., Яндров И.А., Аламырадов Э.М. Влияние неперпендикулярности визирного луча электронного тахеометра к светоотражательной плоскости марки на точность измерения расстояний // Транспортное строительство, №4, М., 2017. С. 19-21.
25. Крячок С.Д. Усовершенствование визирных целей электронных тахеометров / Крячок С.Д., Мамонтова Л.С., Щербак Ю.В. // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. 2017. № 8. С. 174-177.

REFERENCES

1. Goryainov I.V. Inverse linear-angular serif: a new look at the geometry of geodesic serif // Engineering survey. Geomarketing, No. 6, M., 2016
2. Goryainov I.V. On the best configuration of the inverse linear-angular serif and the required number of points to achieve a given accuracy // Izvestiya vuzov, Geodesy and aerial photography, No. 4, 2016
3. Nesterenok, M.S. Approximate estimation of the accuracy of the inverse linear-angular serif / M.S. Nesterenok, S.A. Tedny, N.Y. Shchur // Science – education, production, economy: materials of the 12th International Scientific and Technical Conference. Vol. 3. – Minsk: BNTU, 2014.
4. Shekhovtsov G.A. Unified algorithm of equalization, evaluation of accuracy and optimization of geodetic serifs [Text]: monograph / G.A. Shekhovtsov; Nizhegorod. gos. architecturalit.-builds. un-t - N.Novgorod: NNGASU, 2017.
5. Davlatov R.A. Analysis of the influence of errors in the initial data when performing sequential inverse linear-angular serif / Davlatov R.A.; Appendix to the journal Izvestiya vuzov. Geodesy and aerial photography. Collection of articles on the results of scientific and technical conference No. 6 - Moscow, 2013
6. Medvedev V.E., On the issue of the control of protective shells of nuclear power plants during acceptance tests Medvedev V.N. Kiselev A.S., Kiselev A.S., Strizhov V.F., Ulyanov A.N., Skorikova M.I., Pimshin Yu.I.; Global Nuclear safety No. 2 (35). National Research Nuclear University «MEPhI», M- 2020
7. Pimshin, I.Yu. Investigation of the influence of the geometry of the inverse linear-angular serif on the accuracy of determining the coordinates of the station of the device, calculated by electronic total stations of various manufacturers / I.Yu. Pimshin, T.M. Pimshina, M.A. Korsunov // Transport: science, education, production (Transport-2020): collection of scientific tr. v 2 t. t.2. - Rostov n/A: Rost. gos. un-T. ways of communication, 2020. - pp. 336-340.
8. Sokolova, V.A. Application of GNSS and laser scanning for monitoring the condition of large-sized construction objects / V.A. Sokolova, V.I. Kushtin, N.A. Melushchenko // Transport: science, education, production (Transport-2020): collection of scientific tr. in 2 vols. 2. - Rostov N./D: Rost. gos. un-t. ways of communication, 2020. - pp. 350-354.
9. Smolich S.V. Estimation of the error of surveying and geodetic measurements by the Monte Carlo method /Smolich S.V., Prosekin B.A., Yudina I.N. Kulagin readings: technique and technology of production processes. collection of articles of the XIX International Scientific and Practical Conference. In 3 hours. responsible editor: A.V. Shapieva. 2019. pp. 108-112.
10. Khaykov V.T. Development of the surveying service of Altyntau Kokshetau LLP Surveying and subsoil use. 2019. No. 2 (100). pp. 13-14.
11. Nizametdinov N.F. Laser-digital measurement technologies for monitoring the state of instrument arrays/ Nizametdinov N.F., Nizametdinov R.F., Oleinikova E.A., Kapasova A.Z., Oralbai A. / Surveying Bulletin. 2020. No. 4 (137). pp. 43-48.
12. Ashinov Yu.N. Organization of engineering and geodetic works in the construction of buildings of ski complexes /Ashinov Yu.N., Tletseruk I.R., Brantova M.M. / Science of the XXI century: problems, prospects and topical issues of the development of society, education and science. International Interuniversity Autumn Scientific and Practical Conference. 2019. pp. 60-67.
13. Nikonov A.V. On the accuracy of the construction of a planned high-altitude geodetic center base by ground methods /Nikonov A.V., Chesheva I.N. / Interexpo Geo-Siberia. 2019. Vol. 1. No. 1. pp. 130-143.
14. Verdiev S.B. Choosing the optimal mode of operation of electronic total stations for geodetic measurements in conditions of strong aerosol pollution of the atmosphere/ Verdiev S.B. Geodesy and cartography. 2018. Vol. 79. No. 8. pp. 12-19.
15. Ivasik D.V. Innovations of modern geodesy in road and airfield construction/ Ivasik D.V., Vasilchenko A.A., Kokarev K.V. / Engineering Bulletin of the Don. 2018. No. 2 (49). p. 163.

16. Kryachok S.D. Determination of the constant correction of the electronic total station rangefinder in a linear-angular network/ Kryachok S.D. Technical sciences and technologies. 2018. No. 2 (12). pp. 263-272.
17. Kevorkov I.A. Field studies of electronic total stations/ Kevorkov I.A., Parpura D.I., Kurmachev R.D., Priyenko A.O., Galstyan A.M. Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Agronomy and animal husbandry. 2017. Vol. 12. No. 1. pp. 47-57.
18. Gura D.A. Development of a methodology for investigating errors in measuring horizontal angles with electronic total stations // Appendix to the journal Izvestiya vuzov. Geodesy and aerial photography. Collection of articles on the results of the scientific and technical conference. 2015. No. 8. pp. 89-91.
19. Salnikov V.G. Modern method of removal of the main axes of turbine units Salnikov V.G. // Bulletin of the Siberian State Geodetic Academy. 2014. No. 1 (25). pp. 27-33.
20. Josep M. Font-Llagunes, Joaquim A. Batlle. New Method That Solves the Three-Point Resection Problem Using Straight Lines Intersection // Journal of Surveying Engineering. May 2009 pp. 39-45.
21. Gorilko A.S. On the need to update the instructions for performing large-scale topographic surveys / Gorilko A.S. // Interexpo Geo-Siberia. 2017. Vol. 1. No. 1. pp. 29-34.
22. Comparison of the accuracy of geometric and trigonometric leveling when creating surveying high-rise networks Gordeev V.A., Raeva O.S. News of higher educational institutions. Mining magazine. 2014. No. 6. pp. 79-84.
23. Miroshnichenko S.G. Determination of correction values for prism reflectors /Miroshnichenko S.G., Potyukhlyayev V.G. // Surveying bulletin. 2011. No. 6 (86). pp. 23-25.
24. Shvidkiy V.Ya., Sumin M.N., Yandrov I.A., Allamyradov E.M. The influence of the non-perpendicularity of the sighting beam of an electronic total station to the reflective plane of the stamp on the accuracy of distance measurement // Transport Construction, No. 4, pp. 19-21. M., 2017.
25. Kryachok S.D. Improvement of sighting targets of electronic total stations Kryachok S.D., Mamontova L.S., Shcherbak Yu.V. // Bulletin of Polotsk State University. Series F. Construction. Applied sciences. 2017. No. 8. pp. 174-177.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ



Горяинов Игорь Владимирович:
маркшейдер,
АО «Мосметрострой»,
г. Москва, Россия,
e-mail: igorgoriainow@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

I. V. Goryainov:
surveyor,
JSC «Mosmetrostroy»,
Moscow, Russia,
e-mail: igorgoriainow@yandex.ru



РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ (МГРИ)

Университет берет свое начало с геологоразведочного факультета Московской горной академии, созданной в сентябре 1918 г.

Факультеты:

- ◆ Геологоразведочный факультет,
- ◆ Факультет технологии разведки и разработки,
- ◆ Факультет геологии и геофизики нефти и газа,
- ◆ Гидрогеологический факультет,
- ◆ Факультет экономики и управления,
- ◆ Экологический факультет

Для зачисления в Университет в 2022 году необходимо подать заявление о согласии на зачисление и оригинал документа об образовании не позднее 18 часов 28 июля 2022 года.

Контакты: 117997, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 23; +7(495)255-40-20 10:00-18:00 e-mail: priem@mgri.ru,
<https://www.mgri.ru/commission/poryadok-postupleniya/>



WWW.N-GN.RU