

В целом процедура кодирования снимаемых точек является шагом вперёд при производстве топографо-геодезических работ, хотя полностью отказываться от ведения абриса ещё рано. Кодирование хорошо зарекомендовало себя при проведении съёмки объектов, когда бригада не очень сильно ограничена сроками проведения полевых работ. Это один из первых шагов по пути создания полностью автоматизированных систем сбора топографо-геодезической информации. За такими системами будущее геодезии, но в этой системе еще многое нужно дорабатывать, совершенствовать, так как не всегда удобно искать в приборе тот или иной для конкретной точки номер кода.

АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ХОДОВ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ СЪЕМОЧНОГО ОБОСНОВАНИЯ

*Русак В.М.; Чадович Д.В.
(СП «Кредо-Диалог», Минск)*

Показано, что при выполнении работ по крупномасштабным топографическим съёмкам с применением электронных тахеометров большая часть организаций создает планово-высотное обоснование одновременно с выполнением съёмочных работ, за счет чего в значительной степени сокращается время работы на объекте.

Большинство тахеометров, эксплуатирующихся в изыскательских организациях для выполнения крупномасштабных топографических съёмок, имеют паспортную точность угловых измерений в пределах 2" - 5" (СКО одного приёма) и точность измерения расстояний 2 - 5 мм. Естественно, такой точности с огромным запасом хватает для создания планового обоснования, необходимого для выполнения топографических съёмок. Для создания же высотного обоснования с сечением рельефа 0,5 м и менее вся нормативная литература требует прокладывать ходы геометрического технического нивелирования. Исключение (по нашим сведениям) сделано только для предприятий, входящих в структуру Роскартографии, которым разрешено создавать съёмочное обоснование техническими электронными тахеометрами класса ТС600 и выше (Письмо № Е-02-3469 от 27.11.2001, в котором изложены методика и требования к производству работ). При соз-

Дании высотного обоснования традиционно измеряются высоты инструмента и вехи (до мм), а также вертикальные углы - при двух положениях круга в прямом и обратном направлениях.

Нами выполнено сравнение результатов тригонометрического нивелирования, полученных на практике по описанной выше методике. Для анализа был выбран линейный объект протяженностью более 250 км — участок трассы магистрального нефтепровода «Мичуринск - Кременчуг», где ООО «Смоленсктрансизыскания» была выполнена топографическая съемка. Для работы на объекте использовались тахеометры SET 530R, TRIMBLE 3305, TRIMBLE 3303, Nikon DTM-352, Nikon NPL-352. У всех тахеометров паспортная точность измерения горизонтальных и вертикальных углов (СКО измерения угла одним приемом) составляла 3 - 5" (по результатам поверок, выполненных перед производством полевых работ, у всех приборов точность была в пределах 3"). По применяемой в организации технологии работ создание плано-высотного обоснования выполнялось между парами реперов дважды - бригадами, выполняющими непосредственно топографическую съемку, и бригадами, которые определяли непосредственно глубину залегания и плановое положение трубы, а также «выбирали» необходимые данные для построения продольного профиля. В результате этого появилась возможность вычислить дважды превышения между исходными реперами, сравнить их и оценить точность тригонометрического нивелирования по разности превышений двойных ходов, т.е. исключить влияние ошибок высот исходных пунктов. Одновременно была предпринята попытка оценить величины систематической ошибки и рефракции в приземном слое.

Камеральную обработку данных можно разделить на два этапа. На первом этапе обработка выполнялась в системе CREDO_DAT 3.11, куда импортировались данные сырых измерений, после чего производилось уравнивание ходов тригонометрического нивелирования и создавались ведомости для технического отчета. На втором этапе данные обрабатывались в приложении Microsoft Excel - здесь вычисленные значения превышений отдельно раскладывались на составляющие: поправки за высоты инструмента и цели, за угол наклона, за кривизну земли, и выделялось остаточное значение невязки, которое состояло из случайных, систематических ошибок и поправки за атмосферную рефракцию.

Результаты анализа невязок ходов тригонометрического нивелирования приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты анализа невязок ходов тригонометрического нивелирования

Кол-во ходов	Кол-во ходов вне допуска ($50\sqrt{L}$)	СКО на километр двойного хода (м)	СКО на километр одиночного хода (м)
83	0	0,0219	0,0319

Таким образом, из приведенных данных видно, что фактически по полученным невязкам двойных ходов тригонометрического нивелирования (сходимости ходов) точность такого типа нивелирования вполне соответствует допускам, предъявляемым к ходам технического нивелирования при создании высотного обоснования для топографических съемок масштаба 1:500 - 1:5000 с высотой сечения рельефа 0,5 м и крупнее.

Инструкция по топографическим съемкам в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500 для съемок с сечением рельефа 1 м и более устанавливает величину расхождения не более 4 см на каждые 100 м (п. 9.8.5), письмо Роскартографии (№ Е-02-3469 от 27.11.2001) исходит из допуска $50\sqrt{L}$ для съемок с сечением рельефа 0,5 м и более. Результаты анализа невязок прямых и обратных превышений по линиям ходов тригонометрического нивелирования, не исправленных за величину рефракции и за систематические ошибки, приведены в таблице 2 (в качестве допуска здесь установлен предел, приводимый в письме Роскартографии).

Таблица 2

Диапазон	Средняя длина, М	Всего линий	Не превышает допуск		Превышает допуск, всего		Превышает допуск, %		
			шт.	%	шт.	%	$> 3\sqrt{L} \cdot \sigma_{\text{ср}}$	$\cdot 2f \cdot \sigma_{\text{ср}}$	$< 2\sqrt{L} \cdot \sigma_{\text{ср}}$
0-50	44,3	13	4	31	9	69	0	15	54
50 - 100	77,6	67	42	63	25	37	3	1	33
100-150	123,3	76	46	61	30	39	0	1	38
150 - 200	175,3	116	72	62	44	38	1	3	34
200-250	228,2	149	86	58	63	42	1	5	36
250-300	283,6	506	266	53	240	47	0	8	40
300-350	318,6	325	146	45	179	55	1	12	42
350-400	371,0	147	64	44	83	56	1	12	42
400 - 600	469,9	152	63	41	89	59	4	13	42
600-1000	654,6	20	8	40	12	60	15	20	25

Следует отметить, что значения невязок между прямым и обратным превышениями в большинстве случаев имеет один и тот же знак.

В таблице 3 показаны средние значения расхождений между прямым и обратным превышениями в зависимости от длин измеряемых линий.

Таблица 3

Диапазон, М	Средняя длина линии, м	Фактическая средняя величина расхождения (прямо - обратно), мм*	Допустимая величина, ММ	Всего линий, шт.	Всего линий, %	Значение поправки в вертикальный угол (с)***	Коэффициент поправки в вертикальный угол***
0-50	44,3	-13,6	14,9	13	0,8	-31,7	-22,08
50-100	77,6	-8,6	19,7	67	4,3	-11,4	-4,55
100-150	123,3	-11,5	24,8	76	4,8	-9,6	-2,41
150 - 200	175,3	-20	29,6	116	7,4	-11,8	-2,07
200-250	228,2	-24	33,8	149	9,5	-10,8	-1,47
250 - 300	283,6	-35,7	37,7	506	32,2	-13,0	-1,41
300-350	318,6	-13	39,9	325	20,7	-13,9	-1,35
350-400	371	-46,2	43,1	147	9,4	-12,8	-1,07
400 - 600	469,9	-49,9	48,5	152	9,7	-11,0	-0,72
600 - 1000	654,6	-18,6	57,2	20	1,3	-2,9	-0,14

♦ - без учета поправки за рефракцию атмосферы; ** - вычислено по формуле: $50 \wedge (2L)$;
 *** - совместное влияние КР и ошибок; выделенная строка - выборки, где количество линий менее 40.

Видно, что расхождения между превышениями в прямом и обратном направлении, основными составляющими которых являются систематические ошибки и рефракция, колеблются в диапазоне от -4,55 до -0,72 для приведенных диапазонов и значительно отличаются от величины коэффициента рефракции, используемого в триангуляции. Если же рассчитать остаточную невязку в угловых секундах, то диапазон колебания значительно уже - от -9,6" до -13,9" (для выборок с количеством измерений более 40).

Выводы

1. В результате выполненных расчетов СКО на километр одиночного хода тригонометрического нивелирования составила 32 мм, что вполне достаточно для высотного обоснования, создаваемого при выполнении крупномасштабных топографических съемок, при обязательном условии соблюдения вышеприведенной методики производства работ.

2. Предельное значение длины измеряемой линии при создании высотного обоснования тригонометрическим нивелированием не должно превышать величины 250 - 300 м,

ЛИТЕРАТУРА

1. Дементьев, В.Е. Современная геодезическая техника и ее применение / В.Е. Дементьев. - Тверь: ООО ИНН «АЛЕН», 2006.
2. Куштин, И.Ф. Геодезия: учеб.-практ. пособие / И.Ф. Куштин. - М.: Приор, 2001.
3. Практическое руководство по вычислению триангуляции. - М.: РИО ВТС, 1961. - Вып. 2.
4. Справочник геодезиста. - М.: Недра, 1985. - Кн. 2.

ВЫБОР ПРОЕКЦИИ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ЭВМ

Гурьев Ю.Л.

(Полоцкий государственный университет)

Рассмотрены пути автоматизации общего алгоритма геодезических проекций на основе композиционной проекции, удовлетворяющей критерию Чебышева - Граве, основные принципы которого изложены в данной работе. Предложен метод наименьших квадратов для отыскания коэффициентов композиционной проекции площадных объектов, который позволяет в автоматическом режиме подобрать оптимальную систему координат для объекта произвольной формы. В работе также приведена методика изыскания наилучшей проекции для линейных объектов различной конфигурации на основе линии регрессии. Данные методы упрощают процесс автоматизации выбора наилучшей проекции для объектов произвольной формы и различных размеров. Приведена практическая реализация результатов исследований для выбранных объектов на примере трех государств и линейной трассы. Даны рекомендации по применению композиционной проекции при разработке гибких систем координат ГИС.

Введение. При современном развитии компьютерных систем все данные должны формироваться в базу данных. Современные геоинформационные системы (ГИС) занимаются сбором, анализом и дальнейшим хранением