

С. И. ПЛАХОТНЫЙ

РАДИОДАЛЬНОМЕРНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ РАЗВИТИИ СЕТЕЙ СГУЩЕНИЯ В ГОРНЫХ ЗАЛЕСЕННЫХ РАЙОНАХ

В горных залесенных районах пункты опорной геодезической сети обычно располагают на господствующих высотах, а строительство различных объектов производят в долинах. В связи с этим необходимо развивать сети сгущения, пункты которых можно располагать на вершинах, на склонах гор и в долинах.

Выполнение геодезических работ по развитию сетей сгущения в таких районах связано с определенными трудностями. Наличие леса на вершинах и на склонах гор ограничивает возможности использования метода триангуляции, большие перепады высот не позволяют непосредственно измерять линии в полигонометрии, а частые туманы и дымки затрудняют измерение линий светодальномерами. В таких районах наиболее рациональным является использование метода радиодальномерной полигонометрии, причем для уменьшения затрат времени и средств измерения следует производить со штативов.

Однако в этом случае остается нейсным вопрос точности измерения длин линий. Отметим, что исследованию точности радиодальномерных измерений при работе со штативов в различных условиях уделялось мало внимания и к настоящему времени этот вопрос изучен недостаточно, хотя возможности использования радиодальномерных измерений в горных районах изучались и ранее. Результаты исследований приведены в работах [1, 3 и др.].

Для исследования данного вопроса научной геодезической экспедицией кафедры инженерной геодезии Львовского ордена Ленина политехнического института выполнены экспериментальные наблюдения в горном залесенном районе. Для этого между двумя пунктами эталонного геодезического полигона, описание которого приведено в работе [2], проложили ход радиодальномерной полигонометрии. Схема хода показана на рис. 1, а.

Каждая линия хода имела свои особенности. Измерить линию $H-1$ невозможно было ни со штатива, установленного над центром знака, ни со столика сигнала, так как вершина горы, на которой расположен пункт H , представляет собой небольшое плато. Центр знака заложен в середине этого плато. Кроме того, склон горы покрыт густым лесом, поэтому измерения производили со вспомогательной точки H' , расположенной на краю склона. Линейный элемент центрировки составил 17,620 м. Для установления видимости по линии $H'-1$ прорубили проеку, по которой проходила большая часть линии.

Точку 2 заложили на склоне горы так, чтобы линию $2-P$ можно было измерять со штатива, установленного над центром

знака в точке P . Линия 1—2 проходила по открытой местности, а линия 2— P — по несильно залесенной (между деревьями и кустарниками, но не по просеке).

Перепады высот между точками хода составили 201...312 м. Продольный профиль вдоль линий хода показан на рис. 1, б.

Программу наблюдений разработали с таким расчетом, чтобы угловые и линейные измерения одной серии можно было

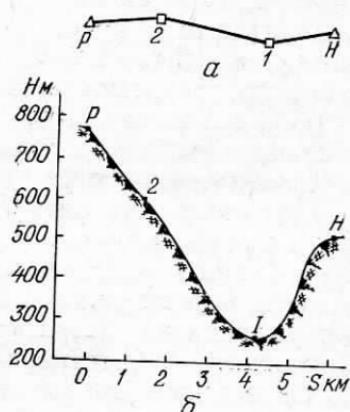


Рис. 1. Схема полигонометрического хода и продольного профиля по его линиям:
а — схема полигонометрического хода; б — продольный профиль по линиям хода.

привести к среднему моменту времени. В соответствии с программой сначала выполняли половину приемов измерения горизонтальных углов и зенитных расстояний, затем — полную программу линейных измерений и в конце — вторую половину программы угловых измерений. Угловые измерения производили теодолитом ОТ-02, причем горизонтальные углы измеряли по программе полигонометрии 2-го кл. (в соответствии с инструкцией 5). Зенитные расстояния измеряли в четыре приема радиодальномером РДГВ. Поскольку каждая линия хода имеет свои особенности, то количество серий и приемов в одной серии различно, однако всегда один прием выполняли на 12 несущих частотах, а общее количество приемов в каждой серии делили поровну, причем при выполнении одной половины приемов в режиме «ведущей» работала одна станция (A или B), а при выполнении второй половины режимы работы станции меняли (станции A и B названы условно). Повторные серии выполняли, исходя из потребностей исследований точности измерений (либо в разное время суток, либо при различных погодных условиях). Наиболее благоприятные условия были при измерении линии 2— P . Разброс точных величин времени τ не превышал 4 нс. Поэтому линия 2— P измерена одной серией, состоящей из 12 приемов. При выполнении первых шести приемов в режиме «ведущей» работала станция A , а при выполнении последних — станция B . Линия H' —1 измерена двумя сериями по восемь приемов в каждой. Первая серия выполнена 20 августа с 14 до 17 часов при пасмурной погоде, а вторая — 21 августа с 10 до

13 часов в солнечную погоду. Линия 1—2 измерена также двумя сериями. В первой серии, которую выполняли 23 августа с 19 до 22 часов при переменной облачности, было сделано 12 приемов, а во второй — 24 августа с 12 до 14 часов, в ясную погоду — четыре приема. Необходимость повторной серии обусловлена большими разбросами точных величин τ в первой серии. Так, при работе в режиме «ведущей» станции А при проведении одного из приемов разброс достигал 17 нс, а при работе в этом режиме станции В — 12 нс. Графики разброса величин τ в этих приемах показаны на рис. 2.

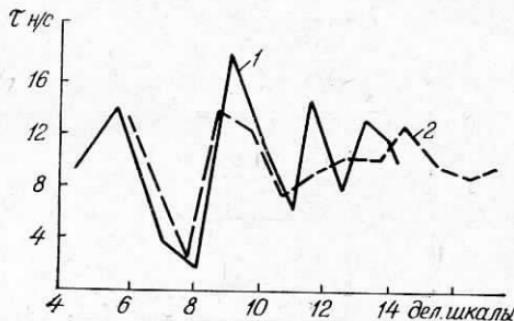


Рис. 2. График разброса точных величин — τ при измерении линии 1—2:

1 — в режиме «ведущей» работала станция А; 2 — в режиме «ведущей» работала станция В.

Из графиков видно, что при работе в режиме «ведущей» обеих станций вблизи восьмого деления шкалы резонатора наблюдаются минимальные значения величин τ , а сразу же на следующем делении — максимальные. Чтобы выяснить, всегда ли наблюдаются экстремальные значения величин τ на этих делениях, в процессе измерений изменяли начальные отсчеты по шкале резонатора, шаг перестройки резонатора и направление изменения отсчетов. Во всех случаях в обеих сериях изменения величин τ одинаковы, что хорошо согласуется с результатами исследований [4].

Обработку результатов радиодальномерных измерений выполняли в такой последовательности:

1. По общепринятой методике вычисляли длины линий из отдельных приемов D_i .

Перед оценкой точности величины D_i группировали по n приемов в различных комбинациях. Результаты группирования, оценки точности измерений таких групп и вычисленные длины линий на уровенной поверхности в проекции Гаусса s_i приведены в таблице.

Измерения в данной группе выполняли одной или двумя станциями, работающими в режиме «ведущей», n -м числом приемов. Например, в строке n стоит 3_A . Это значит, что линия измерена только тремя приемами, а в режиме «ведущей» работала только станция А, или в строке n стоит $2_A + 2_B$: в режиме «ведущей» работали обе станции и каждой станцией выполнено по два приема (всего четыре приема). Такие измерения приводили к среднему моменту времени. Например, если в режиме «ведущей» в течение первых шести приемов работала

Результаты измерений и оценки точности линий

		Показатели										Превышение $H, \text{м}$	
		Величина											
		Hamm.											
		n	3_A	3_B	4_A	4_B	8_A	8_B	2_A+2_B	2_A+2_B	2_A+2_B	4_A+4_B	4_A+4_B
$H-I$	D	1665,508	,448	,508	,468	,508	,493	,486	,484	,490	,492	,491	,488
	$1:T$	1:92 000	92	134	128	185	104	83	70	128	92	111	,491
	s	1664,305	,300	,305	,320	,290	,338	,308	,314	,316	,315	,312	,165
$I-2$	n	3 _A	3 _B	6 _A	6 _B	2 _A +2 _B	2 _A +2 _B	2 _A +2 _B	6 _A +6 _B	2 _A +2 _B	8 _A	8 _B	8 _A +8 _B
	D	2787,758	,703	,744	,720	,696	,740	,759	,732	,739	,745	,722	,734
	$1:T$	1:110 000	150	140	232	78	139	278	232	112	120	,186	,278
$2-P$	s	2769,927	,913	,930	,913	,886	,930	,949	,922	,929	,935	,912	,924
	n	3 _A	3 _B	6 _A	6 _B	2 _A +2 _B	2 _A +2 _B	2 _A +2 _B	6 _A +6 _B	6 _A +6 _B			
	D	1646,461	,341	,438	,350	,365	,410	,408	,394				
$2-T$	$1:T$	1:490 000	85	91	148	68	51	54	103				
	s	1633,742	,670	,719	,679	,670	,715	,713	,699				

При мечания 1. Для сокращения записи в строках D и S полностью длина линии записана только один раз (в первой колонке), а во всех последующих приведены только доли метров (до тысячных), либо число метров для данной линии одно и то же. Относительные ошибки 1: T также записаны только в первой колонке, а во всех последующих — тысячи знакамателей.

станция A , а в течении последних шести — станция B , то в первую группу брали 1 и 2 приемы станции A и 5 и 6 приемы станции B , во вторую — 3 и 4 приемы обеих станций, а в третью — 5 и 6 приемы станции A и 1 и 2 приемы станции B . Таким образом, наиболее удаленные результаты измерений от среднего момента времени — в первой группе. (В таблице они записаны в первой колонке из $2_A + 2_B$ каждой линии).

2. Из величин D_i , объединенных в одну группу, определяли среднее арифметическое D , уклонения от него $v_i = D_i - D$ и по общепринятой методике производили оценку точности «по внутренней сходимости».

3. Величины D исправляли поправками: за нуль-пункт прибора δ_k , наклон линии δ_h , приведение ее к уровенной поверхности δ_H и за редуцирование на принятую поверхность относимости δ_L (в линию $H' - 1$ вводили поправку за центрировку δ_c). Таким образом вычисляли длины линий $s = D\delta_k + \delta_h + \delta_H + \delta_L + \delta_c$, которые использовали при уравнивании «условных» ходов.

На основании данных табл. 1 делаем следующие выводы:

1. Если при измерении линии в режиме «ведущей» работала только одна станция, то относительные ошибки меньше, чем в том случае, когда в этом режиме работали обе станции. Однако при этом величины D больше отличаются между собой и от $D_{\text{вер}}$, вычисленного как среднее арифметическое из всех приемов измерения данной линии, когда в режиме «ведущей» работают обе станции ($8_A + 8_B$ или $6_A + 6_B$).

2. Если в режиме «ведущей» работали обе станции, то даже при минимальном числе приемов ($2_A + 2_B$) результаты измерений более надежны, так как величины D отличаются друг от друга и от $D_{\text{вер}}$ на меньшую величину, однако в этом случае несколько больше от $D_{\text{вер}}$ отличаются те величины D , которые больше удалены от среднего момента времени.

3. Хотя при измерении линии $H' - 1$ серии выполняли в разные периоды суток и при различной погоде, величины D (при работе в режиме «ведущей» обеих станций) незначительно отличаются между собой и от $D_{\text{вер}}$. Это можно объяснить тем, что при измерении радиоволны проходили по просеке.

4. Несмотря на то, что при измерении линии 1—2 разбросы точных величин τ в обеих сериях были значительно больше допустимых (4 нс), средние значения длины линий из отдельных серий отличаются незначительно (на 7 мм). По всей вероятности допуски разбросов определены не совсем обоснованно.

5. После введения поправок за нуль-пункт прибора (они оказывают решающее влияние на изменение длины линии при введении поправок, поскольку другие поправки для одной и той же линии одинаковы) различия в длинах линий измеренных при работе в режиме «ведущей» только одной станции значительно уменьшились. Например, при измерении линии 2— P тремя приемами: $D_{3A} - D_{3B} = 120$ мм, а после введения по-

правок $D_3A - D_{3B} = 72$ мм. Это объясняется тем, что для одной и той же пары станций при работе их в разных режимах поправки δ_k различны. Для нашей пары станций, если в режиме «ведущей» работала станция $A - \delta_{kA} = 160$ мм, а для станции $B - \delta_{kB} = -116$ мм.

В процессе дальнейшей обработки производили уравнивание условных ходов, т. е. таких, в которых линии измерены одинаковым числом приемов, при этом использовали данные максимального и минимального числа приемов при работе в режиме «ведущей» одной и двух станций. Результаты уравнивания четырех таких условных ходов приведены ниже:

Условные ходы	Невязки, мм			Относительные ошибки
	f_x	f_y	f_s	
3_A	90	46	101	1 : 59 000
$2_A + 2_B$	67	33	74	1 : 80 000
макс _в	72	35	80	1 : 74 000
$S_{\text{вер}}$	49	26	55	1 : 108 000

Как видим, наибольшая абсолютная невязка — f_s получилась в первом «условном» ходе, в котором использованы результаты, когда в режиме «ведущей» работала только станция A , а каждая линия измерена только тремя приемами. Наименьшая величина — f_s , а следовательно, и наиболее высокая точность, как и следовало ожидать, получилась в четвертом ходе, где использованы по каждой линии все результаты измерений, когда обе станции работали в режиме «ведущей». В третьем ходе использованы данные, когда в режиме «ведущей» работала только станция B при максимальном числе приемов (8,8 и 6). Даже при большем количестве приемов точность этого «условного» хода оказалась ниже, чем второго, в котором все линии измерены только четырьмя приемами, но в режиме «ведущей» работали обе станции.

На основании выполненных исследований можно сделать следующие выводы и предложения:

1. При развитии сетей сгущения в горных залесенных районах целесообразно использовать метод радиодальномерной полигонометрии, а измерения производить со штативов, так как требуемая точность измерения линий обеспечивается, а затраты времени средств на выполнение работ сокращаются.

2. На точность измерения линий, проходящих по просеках, изменение погоды и времени суток меньше влияют, чем в открытой местности.

3. Вопрос о допустимой величине разброса точных величин к настоящему времени окончательно не решен и требует дальнейших исследований.

4. Если при измерении линий используется радиодальномер с взаимозаменяемыми станциями (РДГВ), то поправки за нуль-пункт прибора для всех пар станций следует определять раз-

дельно, а каждая станция данной пары должна работать как в режиме «ведущей», так и в режиме «ведомой».

5. При измерении линий радиодальномером РДГВ больший экономический эффект можно получить в том случае, когда в режиме «ведущей» работают обе станции, а общее число приемов выполняется обеими станциями поровну.

Список литературы: 1. Алексеев В. И., Бондаренко В. Н. Радиодальномерные исследования в горном Алтае. — Геодезия и картография, 1965, № 7. 2. Вировец Ю. Б., Наумов Я. В., Островский А. Л. Эталонный геодезический полигон в горном районе. — Геодезия и картография, 1971, № 12. 3. Генике А. А., Злотин В. В. Радиодальномерные измерения в горнотаежном районе. — Геодезия и картография, 1965, № 7. 4. Генике А. А. О методах учета влияния отражений при работе радиодальномера на фиксированных частотах. — Тр./ЦНИИГАиК, 1974, вып. 207. 5. Инструкция о построении государственной геодезической сети СССР. — М.: Недра, 1966.

Работа поступила в редакцию 26 апреля 1978 года. Рекомендована кафедрой прикладной геодезии Ивано-Франковского института нефти и газа.