

Л. И. СЕРЕБРЯКОВА

К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ ИСХОДНОГО РЕПЕРА В ГРУППЕ РЕПЕРОВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСАДОК СООРУЖЕНИЙ

Как известно, для измерения осадок различных объектов геодезическими методами закладывается группа реперов в качестве высотной опоры. Как правило, они располагаются группой в 3-4 репера с таким расчетом, чтобы было удобно с одной-двух станций определить превышения между ними.

Успех работы по наблюдению за осадками зданий и сооружений зависит от надежности контроля за исходными реперами. В настоящее время в геодезии нет, насколько это известно автору, какого-либо единого метода определения исходного репера в группе, если превышения между реперами при повторных нивелировках меняются. В каждом отдельном случае этот вопрос решается по-разному. В одних случаях сопоставляют превышения и по этим данным определяют репер, изменивший свою отметку [5, 7]; в других [6] мы видим формальный подход к оценке поведения глубинных реперов.

Неопределенность, возникающая при повторном нивелировании группы реперов при изменении величины превышений между ними, может быть раскрыта, если считать, что реперы испытывают только осадку, а величины превышений меняются вследствие неравномерности осадки.

В таком случае возможно только одно решение: принять за исходный тот репер, который имеет наименьшую осадку, и относительно него определить смещение остальных реперов с ошибкой, равной этой самой меньшей осадке.

Предположение о том, что реперы подвергаются только осадке, не лишено основания.

Во-первых, вокруг каждого сооружения, которое подвержено оседанию, возникает так называемая воронка оседания, которая может иметь радиус в 100 м и более, в зависимости от веса сооружения.

Поскольку глубинные реперы всегда стремятся расположить как можно ближе к сооружению, чтобы свести к минимуму ошибку за передачу отметки на осадочные марки, то нельзя не учитывать влияющие осадочной зоны на репер, даже если он закладывается на значительную глубину.

Второй причиной, которая может вызвать осадку репера, является его собственный вес.

Опыт подтверждает изложенные соображения. В новой книге П. И. Брайт [1, стр. 45] прямо говорится: «Опыт свидетельствует, что глубинные реперы... никогда не дают подъема, а только осадку».

Если бы осадка была равномерна, то при повторных нивелировках мы бы не заметили ее, так как величины взаимных превышений реперов при этом не изменились бы. П. И. Брайт в той же работе замечает, что одинаковые изменения высоты в группе реперов встречаются крайне редко. Основной причиной, которая может вызвать увеличение отметок исходных реперов (их подъем) является изменение длины репера под влиянием изменения температуры (о тектонических явлениях мы здесь говорить не будем). Но это влияние, по данным исследования кафедры прикладной геодезии МИИГАиК [3], значительно только в том случае, если реперная труба выступает над поверхностью земли, если же она не достигает ее поверхности примерно на 1,5 м, то влияние изменения температуры на отметку репера измеряется одной-двумя десятными долями миллиметра. Поскольку дальше речь пойдет об осадке реперов, равной нескольким миллиметрам, то влиянием температуры на изменение отметки репера можно пренебречь. Во всяком случае в настоящее время оно поддается учету.

В случае же неравномерной осадки, которую мы заметим по изменению величин превышений в группе реперов, следует отыскивать тот репер, который подвергается наименьшей осадке.

Предположим, что первоначальные отметки реперов были H_i , где $i=1, 2 \dots n$ (n — количество реперов в группе). По измеренным превышениям в повторном цикле нивелирования мы найдем новые отметки реперов H'_i , приняв любую из отметок H_i за исходную. Затем образуем разности

$$z'_i = H'_i - H_i.$$

Допустим, что за период времени между двумя нивелировками каждый репер изменил свою отметку на величину z_i , где

$$i=1, 2 \dots n.$$

Величины $z_1, z_2 \dots z_n$, согласно предположению, будут иметь только отрицательный знак (осадка); величины же z'_i могут иметь знак и положительный и отрицательный, в зависимости от того, отметка какого репера принята за неизменную при подсчете H'_i . Если за исходную взята отметка репера, подвергшегося в группе наибольшей осадке, то все величины z'_i для остальных реперов будут иметь знак плюс, они как бы испытывают подъем относительно этого репера, если же репер, принятый за неизменный по высоте, подвергся небольшой осадке, имеющей примерно среднее значение по сравнению с осадками остальных реперов, то их величины z'_i могут быть как положительны.

Таблица 1

№№ реперов	Отметки реперов и превышения в мм										
	1956		1957		1961				1962		
	Апрель	Август		Июль		Апрель		Сентябрь		Июнь	
	начальная отметка	Пре- выш.	Отм. H_i'	Пре- выш.	Отм. H_i'	Пре- выш.	Отм. H_i'	Пре- выш.	Отм. H_i'	Пре- выш.	Отм. H_i'
1	118,0	+375,3	118,0	+374,1	118,0	+374,6	118,0	+374,7	118,0	+375,4	118,0
2	493,3	+133,3	493,3	+133,7	492,1	+133,6	492,6	+131,0	492,7	+133,3	493,4
3	624,6	+362,5	626,6	+360,8	625,8	+361,5	626,2	+363,1	623,7	+361,2	626,7
4	990,6		989,1		986,6		987,7		986,8		987,9

ми, так и отрицательными, в зависимости от того, меньшую или большую осадку получил тот или иной репер относительно исходного.

Отсюда ясно, что независимо от того, отметка какого репера была взята в качестве исходной для предварительного вычисления отметок H_i' , наибольшая (алгебраически) величина z_i' укажет нам на репер получивший наименьшую осадку. Отметку этого репера можно будет принять в качестве исходной для окончательного вычисления отметок остальных реперов и осадочных марок.

Таблица 2

№ реперов	Отметки нивелирования предыдущего цикла H (мм)	Измеренные превышения (мм)	Условные отметки H_i' , подсчитанные от H_1 (мм)	Разности $Z_i' = H_i' - H$ в мм, подчеркнута наибольшая	Осадки реперов относит. репера с наименьш. осадк. Z_i (мм)	Вероятн. отметки реперов $H + Z_i$ (мм)
<i>I. Август, 1956 г.</i>						
1	118,0		118,0	0	-2,0	116,0
2	493,3	+375,3	493,3	0	-2,0	491,3
3	624,6	+133,3	626,6	+2,0	0	624,6
4	990,6	+362,5	989,1	-1,5	-3,5	987,1
<i>II. Июль, 1957 г.</i>						
1	116,0		118,0	+2,0	0	116,0
2	491,3	+374,1	492,1	+0,8	-1,2	490,1
3	624,6	+133,7	625,8	+1,2	0,8	623,8
4	987,1	+360,8	986,6	-0,5	-2,5	984,6
<i>III. Апрель, 1961 г.</i>						
1	116,0		118,0	+2,0	-1,1	114,9
2	490,1	+374,6	492,6	+2,5	-0,6	489,5
3	623,8	+133,6	626,2	+2,4	-0,7	623,1
4	980,6	+361,5	987,7	+3,1	0	984,6
<i>IV. Сентябрь, 1961 г.</i>						
1	114,9		118,0	+3,1	-0,1	114,8
2	489,5	+374,7	492,7	+3,2	0	489,5
3	623,1	+131,0	623,7	+0,6	-2,6	620,5
4	984,6	+363,1	986,8	+2,2	-1,0	983,6
<i>V. Июль, 1962 г.</i>						
1	114,8		118,0	+3,2	-3,0	111,8
2	489,5	+375,4	493,4	+3,9	-2,3	487,2
3	620,5	+133,3	626,7	+6,2	0	620,5
4	983,6	+361,2	987,9	+4,3	-1,9	981,7

В свете изложенного рассмотрим пример, взятый из статьи В. Ф. Черникова [6].

В табл. 1 приведены измеренные превышения в каждом цикле нивелирования четырех реперов и их отметки H_i' для всех циклов нивелирования, считая неизменной начальную отметку репера I.

Коротко напомним, что уравнивание отметок реперов в каждом цикле В. Ф. Черников производил следующим образом:

Для каждого цикла нивелирования В. Ф. Черников получал величину

$$\eta_{ik} = - \frac{[h_{ik}]_n^n}{n},$$

где h_{ik} то же что и z_i' , а n — число реперов, и на эту величину автор исправлял предварительные отметки H_i' .

Независимо от того, меняются отметки исходных реперов или нет, в способе В. Ф. Черникова все отметки искусственно пригнаны к неизменной отметке репера 1, хотя отметка этого репера фактически не является неизменной.

Решим тот же пример, выбирая в каждом цикле нивелирования репер, получивший наименьшую осадку.

Данные вычислений приведены в табл. 2, причем каждый последующий цикл нивелирования сравнивается не с начальным циклом, а с предыдущим, так как в этом случае ошибка за осадку (пусть наименьшую) одного из реперов будет значительно меньше.

Из данных табл. 2 следует, что неравномерной осадке подвергаются все реперы без исключения, так как от цикла к циклу разные реперы дают наименьшую осадку.

Величины осадок с апреля 1956 г. по июнь 1962 г. представлены в табл. 3.

Можно предположить, что фактические величины осадок будут значительно больше, чем величины, представленные в этой таблице, так как мы каждый раз не учитывали неизвестную нам величину наименьшей осадки.

Отсюда следует, что высотная основа, описанная в работе [6], для наблюдений за осадкой завода не подходит, так как реперы ее подвержены значительной по величине осадке.

В приведенном примере периодичность нивелирования высотной сети не выдержана. Отсутствует материал по наблюдениям с июля 1957 г. по апрель 1961 г., и за этот период, по нашим расчетам, осадки опорных реперов получились меньше, чем, например, за время с апреля 1961 г. по сентябрь 1961 г. Такое, казалось бы, несоответствие подтверждает наш вывод о том, что все реперы подвергаются осадке, но за столь большой период осадки реперов выравнивались и относительно какого-либо одного из них невелики.

Отсюда можно сделать очень важный для практики измерения осадок сооружений вывод: чтобы контроль за опорными реперами был надежный, их нужно нивелировать периодически, возможно чаще, по крайней мере каждый раз, когда производится нивелирование осадочных марок.

Таким образом, глубинные реперы должны всегда находиться под наблюдением, так как не исключена опасность их осадки, которая может остаться незамеченной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брайт П. И. Геодезические методы измерения деформаций зданий и сооружений. «Недра», М., 1965.
2. Муравьев М. С. Рациональные методы создания высотного и планового обоснования геодезических наблюдений на крупных гидроузлах. Изв. вузов, «Геодезия и аэрофотосъемка», № 4, 1958.
3. Пискунов М. Е. Наблюдения за устойчивостью глубинного репера МИИГАиК. Изв. вузов, «Геодезия и аэрофотосъемка», № 5, 1958.
4. Пискунов М. Е. Опыт наблюдений за осадками гидротехнических сооружений Цимлянского гидроузла. Изв. вузов, «Геодезия и аэрофотосъемка», № 4, 1958.
5. Соловьев А. Д. Определение методом высокоточной нивелировки осадки опор фундаментов под конвейер Саратовского завода технического стекла. Изв. вузов, «Геодезия и аэрофотосъемка», № 5, 1960.
6. Черников В. Ф. Создание высотной опорной сети для наблюдений за осадками промышленных сооружений. Изв. вузов, «Геодезия и аэрофотосъемка», № 5, 1963.
7. Lazzarini T. Geodezyjne pomiary odkształceń i ich zastosowanie w budownictwie PPWK. Warszawa, 1961.

Р. С. СИДОРИК, Г. Ф. МЕЛЬНИКОВ

ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИСТИННЫХ АЗИМУТОВ ГИРОТЕОДОЛИТОМ Gi-C2

Гиротеодолит (или гиронасадка) Gi-C2 изготовлен на венгерском заводе МОМ в Будапеште; конструктором его является лауреат премии Кошута Ференц Пузай. Прибор служит для автономного определения истинных (астрономических) азимутов направлений и может применяться при геодезических работах на земной поверхности, а также и под землей, для ориентирования шахт, тоннелей и т. д.

Определение азимутов этим прибором не зависит от метеоусловий, времени года и суток. Прибор может применяться в широтах $\pm 75^\circ$, в пределах температур окружающей среды от -40°C до $+50^\circ \text{C}$, при напряженности магнитного поля не выше 2 э и ветре, скорость которого не превышает 5 м/сек.

Определение направления истинного меридиана с помощью гиротеодолита основано на свойстве главной оси гироскопа с маятниковым подвесом совершать под влиянием суточного вращения Земли гармонические колебания, положение равновесия которых совпадает с плоскостью истинного меридиана точки стояния прибора.

Гиротеодолит Gi-C2 состоит из четырех основных частей (см. рис. 1). Поперечный разрез прибора показан на рис. 2. Общий вид теодолита вместе с гироскопической насадкой иллюстрируется рис. 3.

Сравнительная характеристика гиротеодолитов,
изготовленных в СССР и Венгрии

Характеристика	MT-1	Gi-B1	Gi-B2	Gi-C2
Точность, сек	20"	20"	12"	25"
Время определения ориентирного направления при одном пуске, мин (4 точки реверсии)	40—50	40—50	40—50	25
Система подвеса	торсионная автомат.	торсионная ручное	торсионная автомат.	торсионная ручное
Слежение				
Вес комплекта без упаковки, кг	47**	92**	70	35
В том числе:				
гиротеодолит	16	21		9,3
штатив	18**	13		4,5
блок питания	5,5	12		5,5
аккумулятор	7,5	19		15

* по данным завода

** с упаковкой

Основной частью прибора является гироскопическая насадка, которая при помощи трех ножек-держателей жестко скрепляется с теодолитом. Внутри насадки (в нижней части) находится гиромотор, который центрируется торсионным подвесом. Для этого используется тонкая узкая металлическая лента, достаточно прочная для того, чтобы выдержать гиромотор в его рабочем положении. В нерабочем положении прибора или при его транспортировке гиромотор арретируется.



Рис. 1. Гиротеодолит Gi-C2;

1 — гироскопическая насадка; 2 — теодолит со штативом; 3 — блок питания (преобразователь); 4 — аккумулятор.

В качестве угломерной части гиротеодолита Gi-C2 использован оптический односекундный теодолит. Зрительная труба имеет не сетку нитей, а разделительную призму. Перестановка лимба на любой угол осуществляется вращением барабана.

Сравнительная характеристика гиротеодолитов, изготовленных в СССР и Венгрии, приведена в таблице.

Недостатком Gi-C2 является необходимость непрерывного наблюдения за движением чувствительного элемента.

Азимут ориентирного направления A вычисляется по формуле

$$A = M - N_0 + \Delta,$$

где M — измеренное направление;

N_0 — положение равновесия чувствительного элемента, определенное по точкам реверсии и исправленное поправкой за нульпункт;

Δ — поправка гиротеодолита.

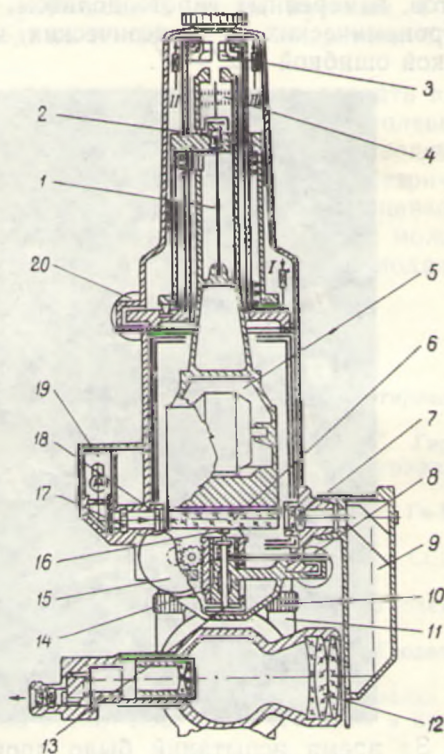


Рис. 2. Поперечный разрез прибора.

1 — верхняя закрепительная головка торсиона; 2 — торсион; 3 — контактные сегменты; 4 — токоподводящие спирали; 5 — корпус мотора; 6 — плоскопараллельное стекло; 7 — объектив чувствительного элемента; 8 — винт регулировки постоянной прибора (параллельности); 9 — базисная призма; 10 — предохранительная закрепительная гайка арретира; 11 — ножка-держатель; 12 — объектив зрительной трубы теодолита; 13 — винт устройства затухания колебаний; 14 — вал арретира; 15 — маховичок ручного арретира; 16 — резиновая мембрана устройства затухания колебаний; 17 — сегка нитей шкалы; 18 — сетка нитей автоколлиматора; 19 — осветитель; 20 — винт регулировки арретира.

В сентябре—октябре 1966 г. при различных метеоусловиях и времени суток проводились полевые испытания двух опытных образцов гиротеодолитов Gi-C2. Несколько определений азимута было произведено в ночных условиях.

Точность приборов определялась путем сравнения значений азимутов, измеренных гиротеодолитом, с их значениями, полученными из астрономических и геодезических наблюдений со средней квадратической ошибкой $\pm 2''-3''$.

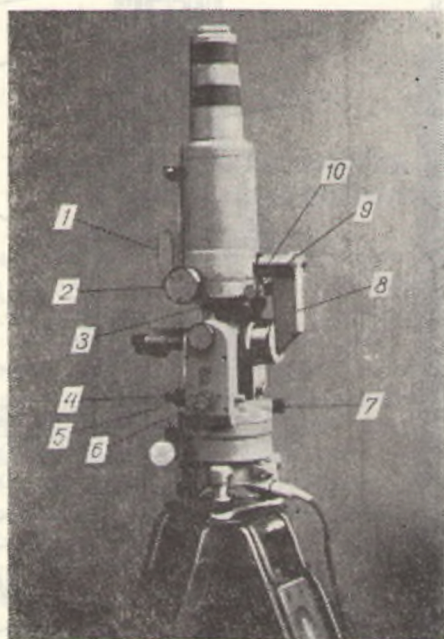


Рис. 3. Общий вид теодолита с гироскопической насадкой:

1 — осветитель чувствительного элемента; 2 — маховичок ручного арретира; 3 — зажимная гайка предохранительного арретира; 4 — вертикальный зажимной винт; 5 — вертикальный наводящий винт; 6 — рукоятка переключения кругов; 7 — окуляр оптического отвеса; 8 — базисная призма; 9 — винт регулировки постоянной прибора (параллельности); 10 — зажимная ручка базисной призмы.

За время испытаний было произведено 42 пуска гиротеодолитом № 853333 и 40 — гиротеодолитом № 853341. При каждом пуске выполнялись: 1) наблюдения двух ориентирных направлений; 2) определение нуля из четырех точек реверсии перед пуском гиromотора; 3) пуск гиromотора и определение положения равновесия чувствительного элемента по четырем точкам реверсии; 4) определение нуля после торможения гиromотора; 5) наблюдения двух ориентирных направлений.

Расхождение между двумя определениями нуля допускалось ± 1 деление. Измерялись также температура воздуха, давление и скорость ветра.

До и после наблюдений производились определения постоянной поправки гиротеодолитов из 18 пусков (9 пусков до наблюдений и 9 пусков после наблюдений), которые были стабильны на протяжении всего периода работ. Приборы перевозились на автомашине по грунтовым и шоссейным дорогам (около 500 км).

В результате испытаний были получены следующие среднеквадратические ошибки определения азимутов: для гиротеодолита № 853333 — $\pm 12''$, для гиротеодолита № 853341 — $\pm 10''$, 2.

Эти данные позволяют сделать вывод, что при помощи гиротеодолита Gi-C2 можно определить истинные азимуты с точностью $\pm 15''$. При благоприятных условиях наблюдений и при достаточной опытности наблюдателя она может быть повышена до $\pm 10''$. Прибор удобен и прост в эксплуатации. В отличие от MT-1, Gi-B1, Gi-B2 при его помощи

можно производить наблюдения со столбов и столиков геодезических сигналов; он не требует длительного подогрева.

Наиболее надежным является способ определения азимутов направлений при помощи двух гиротеодолитов одним пуском (четыре точки реверсии). Менее надежным, но достаточным, является способ определения при помощи одного гиротеодолита двумя пусками. При скорости ветра более 5 м/сек необходимо пользоваться защитным брезентом.

Результаты, полученные в ходе испытаний, позволяют сделать вывод о возможности использования гиротеодолита Gi-C2 для полевых геодезических работ. Например, при ориентировке свободных геодезических сетей, при прокладке и привязке теодолитных и полигонометрических ходов (особенно когда нет видимости между пунктами привязочной стороны), при обратных засечках и т. д. Хорошие результаты может дать применение гиротеодолитов в совокупности со свето- и радиодальномерами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лавров В. Н., Житомирский И. Б. Новые маркшейдерские гирокомпасы MB2 и MT1. «Уголь», № 1, 1965.
2. Лавров В. Н., Житомирский И. Б., Луковатый Ю. С. Гироскопический способ определения дирекционных углов. «Геодезия и картография», № 2, 1966.
3. Оглобин Д. Н. Новый венгерский маркшейдерский гирокомпас Ги-Б1. «Горный журнал», № 9, 1965.
4. Оглобин Д. Н., Лавров В. Н. Маркшейдерские гирокомпасы СССР и зарубежных стран. «Уголь», № 7, 1965.
5. Сергеевский Ю. В. Результаты исследований гиротеодолитов. «Геодезия и картография», № 1, 1966.
6. Фехер Дьёрдь. Исследование гиротеодолита Ги-Б1. Изв. вузов, «Геодезия и аэрофотосъемка», № 4, 1964.
7. Ференц Халмош. Гиротеодолиты и их применение (Исследования и опыт эксплуатации инструмента Ги-Б1 фирмы МОМ). Изв. вузов, «Геодезия и аэрофотосъемка», № 4, 1966.

Работа поступила
11 мая 1967 года.