

ной: 0,27, 0,26, 0,26 и 1,03, 0,98, 0,76 мм/шт. соответственно. Причина следующая: нивелирование каждого первичного полигона выполнялось в течение 2, ..., 3 ч, в то время как измерения превышений по сторонам вторичных полигонов в некоторых случаях относились к разным (до 5 сут) датам. Продолжительность цикла составляла 10 сут.

Здания расположены на территории со сложными грунтовыми условиями, основания подвержены воздействию периодических колебаний уровня грунтовых вод. Поэтому невязки первичных полигонов можно рассматривать как следствие лишь погрешностей измерений, а невязки вторичных полигонов — погрешностей измерений и некомпенсированного влияния периодических колебаний уровня грунтовых вод на основания фундаментов. Подтверждением последнего служат коэффициенты парной корреляции, подсчитанные по каждому зданию (всего 73), значения которых для рядов, составленных по измеренным осадкам и колебаниям уровней грунтовых вод в скважинах оказались: $|r| \geq 0,7$ в 19,0, $0,5 \leq |r| < 0,7$ в 26 и $|r| < 0,5$ в 28 случаях. При этом значения со значимыми и незначимыми коэффициентами r иногда перемежаются.

Так как погрешность отметок узловых точек при данной методике раздельного уравнивания не влияет на точность определения деформаций зданий, расположенных между ними, а лишь на точность вывода средней осадки сооружения, то ясно, что μ может быть грубее чем μ , используемая в (3) при оценке деформации.

Таким образом, применяя предлагаемую схему наблюдений и уравнивания добиваемся разделения точностных характеристик сети на две части — для оценки деформации зданий μ и передачи системы высот по сети μ ; локализации влияния неслучайного характера в связях между зданиями.

Данная методика рекомендуется при организации наблюдений за осадками значительных групп зданий, расположенных на сложных грунтах, подверженных короткопериодическим и непериодическим воздействиям экзогенных факторов.

1. *Белугин Д. А.* Теория обработки результатов геодезических и астрономических измерений. М., 1984. 2. *Бойков В. В.* О состоятельности МНК-оценок в геодезических задачах с мешающими параметрами // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотоаэзия. 1985. № 2. С. 40—47. 3. *Болышаков В. Д.* Теория ошибок наблюдений. М., 1983. 4. *Болышаков В. Д., Гайдаев П. А.* Теория математической обработки геодезических измерений. М., 1977.

Статья поступила в редакцию 05.04.86

УДК 528.28

Д. С. ХИЖАК, Р. А. ГРИГОРЧУК, Н. И. КРАВЦОВ ВЫЧИСЛЕНИЕ ПОПРАВОК ЗА РЕФРАКЦИЮ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ И МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ДВУХ СОСТОЯНИЯХ АТМОСФЕРЫ

Как показано в [1], уравнение световой кривой при небольших расстояниях можно представить в виде ряда

$$z = z'_0 + \frac{z''_0}{2!} x^2 + \dots \quad (1)$$

Здесь z'_0, z''_0 — производные от z по x в начале координат. Величина z'_0 — тангенс угла наклона α , а $z''_0, z'''_0, \dots$ можно получить из уравнения Эйлера

$$nz'' = n_z' [1 + (z')^2] \quad (2)$$

путем его дифференцирования.

Естественно, что для различных состояний атмосферы свет между двумя точками будет проходить по различным кривым, т. е. $z'_0, z''_0, \dots$ будут иметь разные значения. Учитывая, что эти кривые пересекаются в начале координат и в точке, из которой приходит излучение, и ограничиваясь только двумя членами разложения (1) (это возможно, когда расстояния между точками небольшие), запишем

$$x \operatorname{tg} \alpha_1 + \frac{z''_0}{2!} x^2 = x \operatorname{tg} \alpha_2 + \frac{z''_0}{2!} x^2. \quad (3)$$

Индексы 1 и 2 обозначают первое и второе состояние атмосферы, которым соответствуют измеренные значения углов α_1 и α_2 , а z''_0 и z''_0 получены из (2). Причем, показавль преломления n и его производную n_z в начале координат получаем из соотношений

$$n_0 = 1 + \frac{\beta \mu}{R} \cdot \frac{P_0}{T_0}, \quad (4)$$

$$n'_{z0} = \frac{\beta \mu}{R T_0^2} (P_1 T_0 - t_1 P_0),$$

где β — постоянная, зависящая от длины волны падающего излучения; μ — масса моля; R — газовая постоянная; P_0 и T_0 — давление и температура в начале координат; P_1 и t_1 — соответственно на градиенте давления и температуры в начале координат. Зависимости (4) получены из решения уравнения состояния атмосферы с учетом уравнения Менделеева-Клапейрона и формулы Дала-Гладстона.

Следовательно, из (3) можно получить поправки за рефракцию, соответствующие первому и второму состояниям атмосферы. Формулы для этих поправок имеют вид

$$\Delta\alpha_1 = \frac{\partial\alpha}{\partial z} \frac{z_{01}'' - z_{02}''}{z_{01}'' - z_{02}''}, \quad \Delta\alpha_2 = \frac{\partial\alpha}{\partial z} \frac{z_{02}'' - z_{01}''}{z_{01}'' - z_{02}''}, \quad (5)$$

где $\partial\alpha = \alpha_2 - \alpha_1$.

С целью исследования возможности получения поправок за рефракцию по указанной выше методике мы обработали большой экспериментальный материал по одновременным измерениям метеопараметров и углов наклона на различных участках при различных расстояниях и при разных состояниях атмосферы. Исследованы соответствующие наблюдения над шоссе, железной дорогой, над морской поверхностью и прибрежным песком, а также обработаны материалы исследований ЦНИИГАиК [2] на коротких расстояниях.

Материалы полевых измерений углов наклона и метеопараметров разбиты на три, четыре или пять групп по значению градиента температуры, который характеризует состояние приземного слоя воздуха. Значение метеопараметров и углов наклона по каждой группе усреднялось. Такое усреднение выполнено с целью уточнения значений метеорологических параметров и углов наклона. В дальнейшем для каждой пары состояний атмосферы по формулам (5) вычислены поправки за рефракцию и угол наклона. Результаты этих вычислений приведены в табл. 1.

В табл. 1 даны истинные значения углов наклона и поправки за рефракцию, соответствующие первому и второму состояниям атмосферы. Причем, над железной дорогой наблюдения велись с одной и той же точки по трем направлениям.

Нетрудно заметить, что истинные значения направлений различаются между собой в пределах одной, двух секунд для различных пар состояний атмосферы за исключением пар, которые включают четвертую группу. Эта группа наблюдений соответствует глубокой инверсии, а остальные группы относятся к нормальному распределению и незначительной инверсии. Средние значения углов наклона и метеопараметров, которые приняты в обработку, получены из десяти—пятнадцати приемов наблюдений.

Теперь остановимся на результатах обработки материалов ЦНИИГАиК по исследованию рефракции на малых расстояниях. Экспериментальные наблюдения проводились в различные периоды суток и года на расстояниях 4438,9 м (одно направление), 1995,1, 1503,6, 1005,6 и 504,9 м (по два направления). Метеорологические наблюдения проводились на одном пункте через два часа в периоды наблюдения углов наклона. Поэтому результаты метеонаблюдений, соответствующие моментам измерения углов наклона, получены линейным интерполированием.

С целью вычисления истинных направлений и поправок за рефракцию весь материал разбит на пять групп по градиенту температуры с таким расчетом, чтобы в каждую группу попало приблизительно одинаковое количество наблюдений.

В первую группу включались результаты, для которых аномальный градиент с на высоте одного метра был меньше $-0,30^\circ/\text{м}$.

Таблица 1
Результаты вычислений поправок за рефракцию на различных участках

	1-2	1-3	2-3	1-4	2-4	3-4
Над железной дорогой (S=516 м)						
α	175,3	174,9	176,4	175,2	175,7	168,1
$\Delta\alpha_1$	-7,2	-7,6	+9,8	-7,3	+9,1	+16,9
$\Delta\alpha_2$	+8,7	23,7	25,1	26,7	27,2	19,6
α	316,7	316,8	316,6	316,1	318,0	334,5
$\Delta\alpha_1$	-4,0	-3,9	4,7	-4,5	6,1	29,8
$\Delta\alpha_2$	4,8	12,1	11,3	16,4	18,3	34,7
α	517,2	517,4	516,6	517,4	516,6	516,9
$\Delta\alpha_1$	-3,3	-3,1	3,4	-3,1	3,5	9,1
$\Delta\alpha_2$	4,0	9,7	8,8	11,2	10,4	10,6
Над шоссе (S=760 м)						
α	160,6	161,3	161,4	174,5	174,2	174,3
$\Delta\alpha_1$	33,6	34,4	21,2	47,5	33,9	24,1
$\Delta\alpha_2$	20,3	11,1	11,5	-0,2	-0,3	-0,4
Над морской поверхностью (S=2100 м)						
α	56,1	55,9	53,8	—	—	—
$\Delta\alpha_1$	-0,8	-0,9	-7,7	—	—	—
$\Delta\alpha_2$	-5,1	-8,2	-10,7	—	—	—

Для второй, третьей, четвертой групп он был в пределах $-0,30 < c < -0,10$, $-0,10 < c < +0,00$ и $+0,00 < c < +0,20^\circ/\text{м}$. В пятую группу включены результаты, для которых $c < +0,20^\circ/\text{м}$. Таким образом, в каждую группу попало от 39 до 50 результатов наблюдений. Из них вычислены средние значения углов наклона, давления, температуры и градиента температуры, на основании которых по формулам (2), (4) и (5) вычислены поправки за рефракцию и истинные значения направлений для каждой пары состояний атмосферы.

Таким образом, для каждого направления получено десять значений истинных углов наклона. Из анализа результатов этих вычислений следует, что истинные углы наклона, полученные с учетом пятой группы (табл. 2), резко отличались от тех, которые в пятую группу не включали (табл. 3). Пятая группа соответствует

глубокой инверсии ($c > +0.20$), причем отдельные наблюдения проводились при аномальных градиентах, равных градусу, а иногда и больше.

В табл. 2 и 3, кроме вычисленных значений истинного угла наклона, приведены их средние значения, теоретические значения, разность между ними и среднеквадратическая ошибка среднего арифметического.

Анализируя эти результаты, приходим к выводу, что для значений, которые не включают пятую группу, расхождения между

Таблица 2

Вычисления истинных значений углов наклона для результатов, включающих пятую группу

Пары состояний атмосферы				Значение		Разность	σ
1-5	2-5	3-5	4-5	среднее	теоретическое		
-925,6	-928,4	-932,8	-936,4	-930,8	-936,1	-5,3	4,77
-1448,6	-1450,0	-1453,0	-1454,3	-1451,5	-1453,8	-2,3	2,63
-1655,9	-1657,5	-1659,7	-1660,9	-1658,5	-1658,7	-0,2	2,23
-2127,4	-2129,2	-2130,6	-2131,5	-2129,7	-2128,1	+1,6	1,79
-2403,2	-2404,4	-2406,1	-2406,9	-2405,2	-2402,2	+3,0	1,67
-2785,1	-2786,2	-2787,2	-2786,7	-2786,3	-2783,9	+2,4	0,90
-3197,1	-3198,9	-3200,0	-3199,4	-3198,8	-3194,2	+4,6	1,25
-2917,7	-2918,0	-2917,3	-2918,4	-2917,8	-2916,2	+1,6	0,47
-3652,0	-3652,4	-3652,3	-3652,7	-3652,4	-3651,3	+1,1	0,29

Таблица 3

Вычисления истинных значений углов наклона для результатов, не включающих пятую группу

Пары состояний атмосферы					Значение		Разность	σ
1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4	среднее	теоретическое	
-931,8	-922,5	-931,4	-932,5	-931,5	-932,6	-932,0	-936,1	-4,0
-1451,8	-1452,8	-1451,6	-1452,8	-1451,7	-1452,9	-1452,3	-1453,8	-1,5
-1659,5	-1659,6	-1658,6	-1659,6	-1658,9	-1659,7	-1659,3	-1658,7	+0,6
-2131,3	-2130,5	-2129,6	-2130,5	-2130,1	-2130,5	-2130,4	-2128,1	2,3
-2405,9	-2405,9	-2405,2	-2405,9	-2405,4	-2406,0	-2405,7	-2402,2	3,5
-2787,6	-2787,1	-2786,0	-2787,1	-2786,2	-2786,9	-2786,9	-2783,9	3,0
-3199,2	-3199,8	-3198,4	-3199,9	-3199,1	-3200,0	-3199,7	-3194,2	5,5
-2918,5	-2917,3	-2918,1	-2917,3	-2918,2	-2917,8	-2917,8	-2916,8	1,0
-3652,9	-3652,3	-3652,4	-3652,3	-3652,5	-3652,3	-3652,4	-2651,3	1,1
								0,23

истинными углами наклона лежат в пределах 2,5", а для значений, включающих пятую группу, — примерно 7,0". Причем для разностей углов наклона и теоретическими как для первой, так и для второй группы, лежат в пределах возможной точности оп-ределения превышений между пунктами. С увеличением расстояния разность между истинными углами наклона, которые увеличиваются, причем для значений, которые включают пятую

группу, это увеличение больше. Последнее можно объяснить тем фактом, что мы при выводе наших формул учитывали только второй член ряда, а для больших расстояний очевидно третьим членом ряда пренебречь нельзя. Что касается глубокой инверсии, то этот вопрос остается открытым и требует дальнейших исследований.

1. Хижак Л. С., Мудевка М. А. Об одном частном методе определения световой кривой // Тезисы доклада Всесоюзного совещания по рефракции электромагнитных волн в атмосфере. Томск, 1983. С. 95—97. 2. Изотопов А. А., Деллинен Л. П. Тр. ЦНИИДАК. 1951. Вып. 102.

Статья поступила в редакцию 24.03.86

УДК 528.48

В. Д. ЧЕМРАТ

РАЗРАБОТКА СПОСОБА КОНТРОЛЬНО-МОНТАЖНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ И ОЦЕНКА ЕГО ТОЧНОСТИ

Для контроля монтажа строительных конструкций по угловому от вертикали, створа и горизонтальной плоскости разработан прибор с самоустанавливающейся во всех плоскостях линией визирования. Прототипом его является прибор СП-1 [2]. Основные отличия нового прибора от существующего заключаются в следующем: визирная ось устанавливается автоматически в вертикальную или горизонтальную плоскости при двух положениях зрительной трубы; зрительная труба нивелира или теодолита заменяется оптическим отвесом или лазерным визиром при изменении в затененных помещениях; прибором определяется крен, ровность и горизонтальность контролируемого ряда строительных конструкций.

Рассмотрим схему и принцип действия прибора, оборудованного двусторонним оптическим отвесом. Устройство оптического отвеса подробно изложено в литературе [3, 4, 7]. Его визирный луч весла поворачивается в надир или зенит. Снабжен двумя взаимно перпендикулярными уровнями с ценой деления $\tau = 20''$. Пределы пендикулярности ± 5 дюймов. при расстоянии от цели более 0,5 м. Фокусирование оптической системы 2,5—8х. Оптический отвес 16 крепится к прибору фиксатором 14 втулки круга 15 (радиус 25, толщина 5 мм). Круг соединен жестко со скользящей оболочкой 9, имеющей форму куба со стороной 70 мм (см. рисунок). Для уравновешивания куба предназначена багальничная рама 8. Куб состоит из двух разъемных оболочек 11, охватывающих шар 7 (радиус 25 мм) с выступающим хвостовиком 6. Шар свободно скользит в оболочке куба. С помощью груза 1 куб можно повернуть на 180° или установить так, что круг с прикрепленным к нему оптическим центриром займет горизонтальное или вертикаль-