

табе 1:500 или 1:250 (1:200) для городов с населением более 100 тыс. человек с использованием системы электронной обработки полевых геодезических или фотограмметрических данных в цифровой или графической форме по сетевой графику, чтобы исключить дублирование [21, 25, 26, 28, 29, 31, 33, 36]. Практика показала, что экономическая эффективность от применения кадастра ПК довольно значительна [25] и что кадастр ПК целесообразнее составлять только в цифровой форме с помощью ЭВМ [24, 27]. Цифровые модели ПК используются для различных инженерных расчетов на ЭВМ и могут быть преобразованы в графические изображения с помощью автоматических графопостроителей [8, 11, 12]. Введение кадастра ПК даст возможность:

- быстро находить положение ПК на местности при авариях и в процессе эксплуатации;
 - избегать повреждений или разрушений ПК из-за неточного показа их планово-высотного положения;
 - более качественно подготавливать геодезическую основу с полной информацией о ПК для целей проектирования, в том числе на ЭВМ;
 - максимально использовать машинную технику на земляных работах;
 - рациональнее осуществлять технологию и методику подземного строительства;
 - наиболее полно удовлетворять запросы эксплуатирующих организаций;
 - более рационально использовать подземное пространство города, в том числе с точки зрения подземного урбанизма [21].
- В заключение отметим, что все технологические элементы СПК требуют дальнейшего совершенствования с целью повышения экономической эффективности и сокращения затрат труда и времени.

Список литературы: 1. *Алейников С. А.* Оптимизация содержания планов подземных коммуникаций. — Исследования по геодезии, аэрофотосъемке и картографии, 1978, № 4/3. 2. *Баран П. И., Совершенный И. П.* Съёмка и картографирование подземных инженерных сетей. — Киев: Будивельник, 1980. 3. *Виднев Н. Г., Полищук Ю. В.* Инженерные изыскания. — Киев: Вища школа, 1979. 4. *Ганьшин В. Н., Ларина Т. А., Кудряков В. М.* Съёмка и обследование подземных инженерных сетей на действующих промышленных предприятиях и площадках. — М.: Недра, 1971. 5. *Гуткин В. Л., Горелко А. М.* Обследование колодцев подземных сетей фотограмметрическим способом. — В кн.: Методы инж. геод. и картогр. Ростов-на-Дону, 1976. 6. *Задериголова М. М., Бакуревич А. К., Гандерук Л. М.* Использование радиоволнового метода при съёмке неметаллических подземных коммуникаций. — Геодезия и картография, 1976, № 10. 7. Инструкция по топографо-геодезическим изысканиям для промышленного, сельскохозяйственного, городского и поселкового строительства. СН 212—73. — М.: Стройиздат, 1974. 8. Инструкция по съёмке и составлению планов подземных коммуникаций. — М.: Недра, 1978. 9. *Косыков Б. И.* Справочное руководство по съёмке городов. — М.: Недра, 1974. 10. *Кудрявцева Е. А.* Исполнительные съёмки на территории городов. — М.: Недра, 1976. 11. *Плискин Д. В.* Автоматизация процессов создания крупномасштабных планов. — В кн.: Пробл. астрон. и геод. VI съезда ВАГО, (Ереван, 1975). М., 1979. 12. *Лисицкий Д. В., Соколов В. И.* О технологии съёмки и составлении планов подземных коммуникаций. — Геодезия и картография, 1976, № 9. 13. Материалы Всесоюзного совещания по проблемам топографических съёмок городов и подземных коммуникаций. Новосибирск, сентябрь 1974. — М.: ОНТИ ЦНИИГАиК,

1976. 14. *Плахтий А. К.* Приборы и методы поиска подземных сооружений при выполнении инженерно-геодезических работ. — М.: Недра, 1969. 15. Руководство по топографическим съёмкам в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. Съёмка и составление планов подземных коммуникаций. — М.: Недра, 1975. 16. Руководство по съёмке и составлению планов подземных коммуникаций и сооружений. — М.: Стройиздат, 1979. 17. *Соколов В. И.* Стереофотограмметрическая детальная съёмка инженерных прокладок в камерах и колодцах. — В кн.: Методы инж. геод. в ирригац. и гидротех. стр-ве. Ростов-на-Дону, 1973. 18. *Соколов В. И., Плахтий А. К., Чирятов Н. С.* Приборы и методы поиска подземных коммуникаций при выполнении инженерно-геодезических работ (обзор). — М.: ОНТИ ЦНИИГАиК, 1972. 19. *Тихонов А. Н.* Применение диктофона при городских геодезических работах. — Инж. геодезия, 1966, вып. 3. 20. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. — М.: Недра, 1973. 21. *Фокин Е. И.* О кадастре подземных сетей (В порядке обсуждения). — Инж. строит. изыскания, 1977, № 2(46). 22. *Хохлов И. В.* Геодезические приборы для съёмки инженерных сооружений. — М.: Недра, 1981. 23. *Buchaček P., Tošnar E.* Využití technické mapy města pro koordinaci a řízení investiční výstavby v Praze. — Geod. a kartogr. obz., 1970, 16, N 9. 24. *Fischer T.* Konzept eines intergritren DV-Systems — zur Automatisierung des Leitungskatasters. — PDVI-Forum, 1978, N 4. 25. Grafischer Leitungskataster der Stadt Leipzig. — Vermess.-Mansur., 1977, 49, N4. 26. *Heine Karl-Heinz.* Schwerpunkte beim Aufbau eines Leitungskatasters. — Schriftf. Bau- u. Ing. — und Tiefbau, 1976, N 56. 27. *Herda M.* Digitalni mapa jako další etapa vyvoje technických map měst. — Geod. a kartogr. obz., 1970, 16, N 9. 28. *Heimeshoff P., Seydich W.* Ein Beispiel zur Datenerfassung im Kanal kataster. — BDVI-Forum, 1978, N 3. 29. *Jope R.* Zur Technologie der Leitungsaufmessung. — Vermessungstechnik, 1978, 26, N 9. 30. *Kulesza S.* Projektonanie i uzgadnienie lokalizacji infrastruktury podziemnej aglomeracji warszawskiej. — Prz. geod. 1980, 52, N 6. 31. *Mauer A.* Wirtschaftliche Leitungskatasters. — GWF. — Gas/Erdgas, 1977, 118, N 7. 32. *Meier J.* Leitungskataster und Zusatzgerät zum Polarkoordinatographen. — Schweiz. Z. Vermessung., 1960, 58, N 8. 33. *Spanagel W.* 100 Jahre Tüblinger Leitungskatasters. — Z. Vermessungsw., 1976, 101, N10. 34. *Sirzalkowski J.* Geodezyjna inventaryzacja nowo budowanych urządzeń podziemnych w Łodzi. — Prz. geod., 1971, 43, N 5. 35. *Simek J.* Technická mapa Prahy. — Geod. a kartogr. obz., 1970, 16, N 9. 36. *Wiemers H.* Kanalvermessung. — Z. Vermessungsw., 1970, 95, N 11.

Статья поступила в редколлегию 06. 01. 82

УДК 528.3

Ф. Д. ЗАБЛОЦКИЙ, С. А. ОСТРОВСКАЯ

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ БОКОВОЙ РЕФРАКЦИИ ПРИ СТВОРНЫХ НАБЛЮДЕНИЯХ

Как известно, в атмосфере, являющейся оптически неоднородной средой, лучи света распространяются от излучателя до приемника не прямолинейно, а по пространственной кривой, которая может иметь кривизну в любой плоскости.

Так как плотность воздуха изменяется прежде всего в вертикальной плоскости, но может также изменяться и в горизонтальной, то нас интересуют составляющие кривизны в этих двух плоскостях.

Рассмотрим, как влияет рефракция на створные наблюдения. Под створными наблюдениями в широком смысле понимают ра-

боты по определению принадлежности ряда точек некоторого инженерного сооружения к заданной плоскости.

Чаще всего заданные плоскости занимают вертикальное или горизонтальное положение. Наиболее точными формулами для определения вертикальной и горизонтальной рефракций являются формулы Г. Морица [3]:

$$\delta_B = \frac{\rho}{S} \int_0^S \frac{1}{n_i} \left(\frac{dn}{dz} \right)_i S_i dS_i; \quad (1) \quad \delta_G = \frac{\rho}{S} \int_0^S \frac{1}{n_i} \left(\frac{dn}{dy} \right)_i S_i dS_i; \quad (2)$$

где n_i — показатель преломления атмосферы в текущей точке светового луча; $\left(\frac{dn}{dz} \right)_i$ и $\left(\frac{dn}{dy} \right)_i$ — соответственно вертикальные и горизонтальные градиенты показателя преломления атмосферы на дифференциально малом отрезке пути луча dS_i ; S_i — отрезок пути луча от источника света (визирной цели) до текущей точки луча; S — длина замыкающей пространственной световой кривой; ρ — число секунд в радиане.

Чтобы точно определить углы рефракции δ_B и δ_G , необходимо знать показатель преломления атмосферы и градиенты показателя преломления в бесконечно большом количестве точек на пути луча, что является весьма трудной и сложной задачей.

Для приближенного определения углов рефракции с достаточной степенью точности, необходимой при решении различных инженерных задач, прибегают к измерению показателя преломления и его градиентов в нескольких точках на пути луча, а вычисления углов рефракции ведут методами численного интегрирования.

В настоящей работе будут показаны влияние и учет боковой рефракции при створных наблюдениях, когда определяется принадлежность точек к вертикальной плоскости. Аналогично можно определить и учесть влияние вертикальной (нивелирной) рефракции на результаты нивелирования (определения принадлежности точек к горизонтальной плоскости).

Запишем формулу (2) в виде, удобном для численного интегрирования

$$\delta_G = \frac{\rho}{S} \left\{ \left[\frac{1}{n_1} \left(\frac{dn}{dy} \right)_1 S_1 \Delta S_1 \right] + \left[\frac{1}{n_2} \left(\frac{dn}{dy} \right)_2 S_2 \Delta S_2 \right] + \dots + \left[\frac{1}{n_k} \left(\frac{dn}{dy} \right)_k S_k \Delta S_k \right] \right\}. \quad (3)$$

На рис. 1 дана геометрическая интерпретация формулы (3) при $k=6$. Точки на кривой (1, 2 ... 6) являются точками, в которых должны быть известны показатель преломления n и горизонтальный градиент $\frac{dn}{dy}$. Из рис. 1 видно, как определяются линейные величины, входящие в формулу (3), а также можно уяснить

точки, в которых необходимо делать измерения показателя преломления n_i и его горизонтального градиента $\left(\frac{dn}{dy} \right)_i$.

Положим $n=1$, что справедливо с погрешностью не более 0,03% от n . Формула (3) с этим допущением может быть записана так:

$$\delta_G = \frac{\rho}{S} \sum_1^k \left(\frac{dn}{dy} \right)_i S_i \Delta S_i. \quad (4)$$

В случае однородного рефракционного поля, т. е. $\left(\frac{dn}{dy} \right)_1 = \left(\frac{dn}{dy} \right)_2 = \dots = \left(\frac{dn}{dy} \right)_k$ и при $n=1$ формула (2) после интегрирования принимает вид

$$\delta_G = \frac{1}{2} \rho S \frac{dn}{dy}. \quad (5)$$

Для определения боковой рефракции по формулам (4) или (5) необходимо знать горизонтальный градиент показателя преломления.

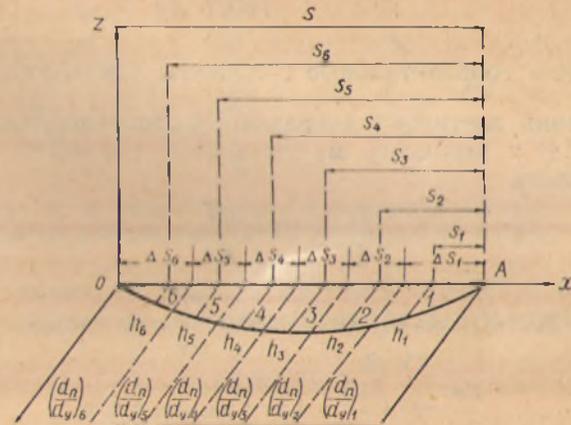


Рис. 1. Геометрическая интерпретация формул (3) и (4).

Как известно, показатель преломления воздуха для волн светового диапазона (видимой части спектра) является функцией давления B , абсолютной температуры T , упругости водяного пара e и выражается формулой [2]

$$n - 1 = 293 \cdot 10^{-6} \frac{B}{760} \cdot \frac{273}{T} - 42 \cdot 10^{-6} \frac{e}{760} \cdot \frac{273}{T}. \quad (6)$$

Дифференциал показателя преломления dn является суммой частных производных от функции (6) по переменным B , T , e , умноженным на соответствующие дифференциалы dB , dT и de , т. е.

$$dn = \frac{\partial n}{\partial B} dB + \frac{\partial n}{\partial T} dT + \frac{\partial n}{\partial e} de. \quad (7)$$

Следовательно,

$$\Delta y = R_{xy} - \sqrt{R_{xy}^2 - \frac{S^4}{4}} \quad (18)$$

Вычислив R_{xy} на основании формулы (15), определим Δy по формуле (18). Учитывая, что $S \ll R_{xy}$ (S — не более 1 км, а R_{xy} — несколько тыс. км), из прямоугольного треугольника OCC_2 или ACC_2 имеем достаточно точно

$$\Delta y = \Delta y' = \frac{S}{\rho} \delta_{\Gamma} \quad (19)$$

При этом поправки Δy и $\Delta y'$ в реальных условиях ($S < 1$ км) будут отличаться менее чем на 0,01 мм, т. е. точки C_1 и C_2 практически

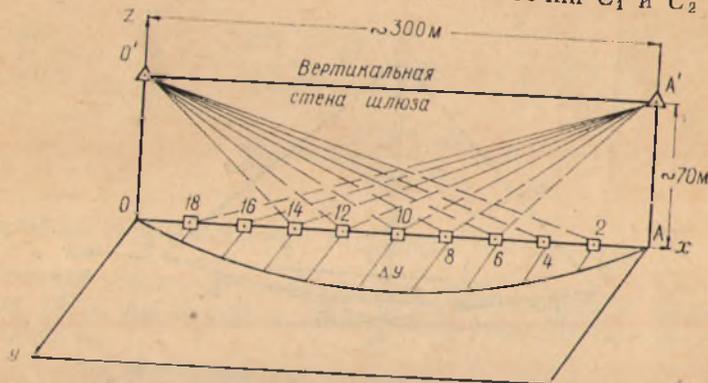


Рис. 3. Схема расположения алиниметра ($O'A'$), визирной марки ($A'O'$) и подвижных марок (18—2).

чески совпадают. Вычисления линейной поправки в створные наблюдения за рефракцию для текущей точки кривой по формуле (19) или рефракции $-\delta_{\Gamma}$ по формуле (13) значительно проще, чем по формулам (15) и (18). Укажем, что круговая кривая является симметричной относительно средней точки, что облегчает вычисления.

Для случая неоднородного рефракционного поля исходной формулой для вычисления величины рефракции δ_{Γ} является формула (4), которая с учетом (12) примет вид

$$\delta_{\Gamma} = -\frac{21,7''}{S} \cdot \frac{B}{T^2} \sum_1^R \left(\frac{dT}{dy} \right)_i S_i \Delta S_i \quad (20)$$

Определение поправок Δy и $\Delta y'$ и для случая неоднородного поля можно производить по формуле (19).

По формулам (13), (19) и (20) вычислены поправки рефракции в створные наблюдения за вертикальностью левой стены 2-го судоходного шлюза Днепротеса. Длина его около 300 м, глубина примерно 70 м. Расположение точек установки алиниметра, ви-

зирной марки и створных (подвижных) марок схематически показано на рис. 3.

Наблюдения горизонтальных градиентов температуры велись на шести перпендикулярах к стене вблизи створных марок. На каждом перпендикуляре температура измерялась в двух точках: у стены и на расстоянии одного метра от стены шлюза.

По данным температурных измерений выяснилось:

а) температура воздуха у стены шлюза, расположенной ниже уровня поверхности земли, возрастает с удалением от стены. Все наблюдения на поверхности земли (у стен зданий) указывают,

Величина боковой рефракции δ_{Γ} и линейных поправок Δy в створные наблюдения за рефракцию

Номер створных марок	Однородное поле		Неоднородное поле		Расстояние от алиниметра до марок (м)	Примечание
	δ_{Γ}''	Δy (мм)	δ_{Γ}''	Δy (мм)		
18	-0,8	-0,1	-0,6	-0,1	28	Марка 10 расположена на середине кривой;
14	-2,6	-1,1	-2,2	-0,9		
10	-4,4	-3,1	-4,1	-2,9	146	Марки 6—14 и 2—18 симметрично расположены относительно середины кривой
10	-4,4	-3,1	-4,8	-3,4	146	
6	-2,6	-1,1	-2,8	-1,2	87	
2	-0,8	-0,1	-0,8	-0,1	28	

наоборот, на падение температуры воздуха с удалением от стены. Это означает, что горизонтальная проекция световой кривой вблизи вертикальной стены шлюза будет повернута своей выпуклостью к оси симметрии шлюза;

б) возле стены шлюза горизонтальное рефракционное поле может быть в первом приближении охарактеризовано как однородное;

в) средняя величина температурного градиента $\frac{dT}{dy}$ составила +0,33 град/м.

В таблице приведены значения δ_{Γ} и Δy для ряда точек (створных марок) стены шлюза, вычисленные по формулам (13), (19) и (20).

Как видно из таблицы, максимальное значение поправки Δy достигает 3,11 мм для случая однородного поля и 3,40 мм для неоднородного поля.

В заключение следует отметить, что:

1. Предложенный метод позволяет определять линейные поправки за боковую рефракцию в результате створных наблюдений как для случаев однородного, так и неоднородного рефракционных полей. 2. Точность вычисления поправок Δy регламентируется преимущественно точностью определения горизонтальных градиентов

температуры на пути светового луча. Так, при определении поправки для марки № 10, если точность определения горизонтального градиента составляет $\pm 0,02^\circ$, погрешность в поправке составит $\pm 0,2$ мм. В настоящее время измерение горизонтальных градиентов с точностью $\pm 0,02$ град/м технически возможно. 3. Как правило, производство створных наблюдений с точностью 0,5—0,2 мм при длинах створа 100 м и более возможно только с учетом поправок в створные наблюдения за боковую рефракцию.

Список литературы: 1. Зюзин А. С. Боковая рефракция при измерении углов на пунктах городской полигонометрии. — Геодезия и картография, 1956, вып. 6. 2. Рабинович Б. Н. О действии боковой рефракции в триангуляции СССР. — В кн.: Тр. ЦНИИГАвК., 1949, вып. 62. 3. Moritz H. Zur Geometrie der Refraction. — Osterr. Z. Vermessungswesen, 1962, N 1, 50. 4. Robitzsch M. Die mittlere abnahme Dämpfungdruckes mit der Höhe. — Meteorolog. Zeitschr., 1944, Bd. 61.

Статья поступила в редколлегию 08. 01. 82

УДК 528.21

П. М. ЗАЗУЛЯК, В. Е. ЗИНГЕР,
В. В. КИРИЧУК, Г. А. МЕЩЕРЯКОВ

ПОЛЕ ДИСПЕРСИЙ АНОМАЛИЙ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ ЗЕМЛИ И СТРУКТУРЫ ОКЕАНИЧЕСКОГО ДНА

В работе [3] были получены некоторые характеристики поля дисперсий аномалий силы тяжести (ПДАСТ) для основных геологических структур материков. Переходной зоной от материковых структур к структурам дна океанов являются, как известно [1], структуры окраин материков. Поэтому представляет интерес перед тем как переходить к структурам океанического дна, рассмотреть ПДАСТ окраин материков.

В соответствии с подразделением класса режимов материковых окраин на режимы атлантического и тихоокеанского типов, окраины материков, включающие в себя прибрежную часть суши и подводный рельеф, также делятся на атлантический и тихоокеанский типы [1].

Для окраин атлантического типа характерны широкий шельф (до нескольких сотен километров) и отсутствие вулканизма на перифериях материков. Такой тип окраин материков преобладает вокруг Атлантического и Индийского океанов и является единственным для Ледовитого океана.

Окраины тихоокеанского типа характеризуются прежде всего примыканием к океану молодой геосинклинальной зоны. Это справедливо для всего Тихого океана, северо-восточной части Индийского океана и небольших участков южной Атлантики. При этом геосинклиналь и орогенная зона частично проходят и через островные дуги (западная часть Тихого океана), называемые островными дугами 1-го типа.

Островные дуги более позднего происхождения (конец мелового периода), для которых характерны наличие глубоководного жемчужника с внешней стороны дуги и отсутствие вулканизма, называются дугами 2-го типа.

Именно с окраинами атлантического типа связано существование так называемых окраинных морей, которые подстилаются корой субокеанического типа [1] *.

Сопоставляя карты изодисперсий ПДАСТ [3] с картами океанов [6], мы пришли к следующим оценкам дисперсий аномалий силы тяжести для структур материковых окраин (табл. 1).

Таблица 1
Оценки дисперсий аномалий силы тяжести для структур окраин материков

Название структуры	D_{\min} (млг ²)	D_{\max} (млг ²)	$D_{\text{ср}}$ (млг ²)	n^*
Внутренние моря	130	450	310	5
Окраинные моря				
Евразия	30	600	230	21
Австралия	280	560	370	5
Антарктида	130	450	270	9
Америка	80	1050	350	9
Островные дуги				
1-й тип	270	1460	620	12
2-й тип	130	300	210	9

* n — количество структур, участвовавших в оценке.

Для упорядочения довольно пестрой картины ПДАСТ, полученной для окраин материков, нам пришлось дополнительно приложить к анализу карту сейсмической активности [2], что в совокупности с картами изодисперсий и океанов позволило прийти к следующему заключению.

Как правило, максимальные значения ПДАСТ для одних и тех же структур окраин материков совпадают с районами активной сейсмической деятельности.

Так, для внутренних морей максимумы ПДАСТ (410 млг² и 450 млг²) приходится на Черное и Каспийское моря, лежащие в так называемом Средиземноморском поясе возбуждения астеносферы. Подобное заключение справедливо и для окраинных морей Антарктиды, Австралии и Евразии. В то же время аномально высокие значения ПДАСТ (405 млг² и 465 млг²) для таких окраинных морей Евразии, как Аравийское море и Бенгальский залив, объясняются, очевидно, влиянием крупнейшей глобальной отрицательной ондуляции геоида в северной части Индийского океана, вызванной горизонтальными неоднородностями распределения вещества на границе «кора—мантия» [5].

Наиболее резкое изменение ПДАСТ свойственно окраинным морям Американского континента — 80 млг² для Мексиканского

* С некоторым допущением к этим же структурам можно отнести и немногочисленные внутренние моря.