

УДК 528.024.1:551.24

ВПЛИВ СЕЗОННИХ ВЕРТИКАЛЬНИХ РУХІВ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ НА РЕЗУЛЬТАТИ ВИСОКОТОЧНОГО НІВЕЛЮВАННЯ

© Павлик В.Г., Кутний А.М., 1999

Полтавська гравіметрична обсерваторія НАН України

Вертикальные движения земной поверхности оказывают систематическое влияние на результаты и точность геометрического нивелирования. Выполнена оценка этого влияния и рассмотрены способы его уменьшения.

The vertical movements of earth surface render the systematic influence on the results and accuracy of geometric levelling. The estimation of this influence is executed and the ways its decrease are considered.

Внаслідок сезонних змін гідротермічних факторів, і найперше – вологості ґрунту – поверхня землі здійснює періодичні вертикальні коливання. Саме у період виконання польових геодезичних робіт, з середини весни і до середини осені, земна поверхня постійно опускається. Б.С.Русанов встановив, що сезонні гідротермічні рухи можуть впливати на точність геометричного нивелювання і бути причиною нагромадження різниць перевищень між прямими та зворотними ходами із знаком мінус [1].

Пізніше А.К.Певнес показав, що попередній автор помилився у визначенні знака дії сезонних рухів на різниці перевищень. Прийнявши, що періодичні вертикальні зміщення здійснюють тільки верхній шар ґрунту, в якому розташовані костилі, які служать переходними точками при нивелюванні, і перевищення прямого та зворотного ходів однаково спроворені цією причиною, він встановив, що середнє перевищення буде вільним від гідротермічного впливу, а різниця перевищень дорівнюватиме величині сумарного опускання земної поверхні за період виконання нивелювання із знаком плюс [2].

А.К.Певнес не навів числових величин можливої систематичної дії вертикальних деформацій річного періоду на точність і результати нивелювання. Виконані нами на геодинамічних мікрополігонах у Полтаві, в Судіївці та Сімеїзі спостереження за сезонними вертикальними рухами на різних глибинах дали змогу здійснити кількісну оцінку цього ефекту [3].

Для виконання необхідних розрахунків прийнята така схема спостережень, яка відповідає положенням інструкції з нивелювання для I класу [4]. Відстань між фундаментальними реперами становить 30 км. Секції нивелювання закріплені ґрутовими реперами залежно від вибраної моделі через 1 км, 3 км і 5 км. Периметр нівелірного полігону становить 1200 км. Нивелювання виконується через чотири години після сходу сонця і за чотири години до його заходу. Перерва між ранковими та вечірніми спостереженнями становить шість годин. За день нівелірна бригада виконує 2 км подвійного ходу [5]. Будемо вважати, що спостереження протягом польового сезону відбуваються на земній поверхні, яка опускається за лінійним законом. Величина сезонних вертикальних рухів верхнього шару земної поверхні, в якому знаходяться

костилі для встановлення рейок, дорівнює 15 мм, ґрутових – 1 мм. Висотне положення фундаментальних реперів з часом не змінюється.

Систематична помилка внаслідок сезонних вертикальних зміщень земної поверхні для прямого ходу першої секції нівелювання між фундаментальним репером і ґрутовим дорівнює:

$$(\Delta h_1)_{\text{пр}} = \Delta h_{\text{n}} t_{\text{сп}} - \Delta h_{\text{гр}} t_{\text{сп}}, \quad (1)$$

де $t_{\text{сп}}$ – час, затрачений на нівелювання однієї секції; Δh_{n} – опускання земної поверхні на глибину встановлення костилів за час $t_{\text{сп}}$; $\Delta h_{\text{гр}}$ – опускання земної поверхні на глибину ґрутових реперів за час $t_{\text{сп}}$.

Перевищення усіх подальших секцій, крім останньої, будуть спотворені на таку ж величину. Поправка за сезонність вертикальних рухів в перевищенні останньої n -ї секції прямого ходу між ґрутовим репером і фундаментальними становить:

$$(\Delta h_n)_{\text{пр}} = (\Delta h_{\text{гр}} t_n - \Delta h_{\text{n}} t_n) + \Delta h_{\text{n}} (t_{\text{сп}} + t_n) = \Delta h_{\text{n}} t_{\text{сп}} + \Delta h_{\text{гр}} (t - t_{\text{сп}}), \quad (2)$$

де t_n – проміжок часу між початком нівелювання першої секції ходу і останньої; t – час затрачений на нівелювання усього ходу.

Отже, вплив сезонного опускання земної поверхні на результати нівелювання прямого ходу дорівнює:

$$(\Delta h)_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^n (\Delta h_i)_{\text{пр}} = n \Delta h_{\text{n}} t_{\text{сп}} + \Delta h_{\text{гр}} (t/2 - nt_{\text{сп}}), \quad (3)$$

де n – кількість секцій.

Для зворотного нівелірного ходу відповідна величина дорівнює:

$$(\Delta h)_{3B} = \sum_{i=1}^n (\Delta h_i)_{3B} = n \Delta h_{\text{n}} t_{\text{сп}} + \Delta h_{\text{гр}} (t/2 - nt_{\text{сп}}). \quad (4)$$

Систематична дія вертикальних зміщень земної поверхні річного періоду на різниці d між прямими та зворотними ходами, які служать для оцінки точності виконаного нівелювання, і на середній перевищенні $\Delta h_{\text{сер}}$ становлять:

$$d = (\Delta h)_{\text{пр}} + (\Delta h)_{3B} = 2n \Delta h_{\text{n}} t_{\text{сп}} - \Delta h_{\text{гр}} (2nt_{\text{сп}} - 3t/2); \quad (5)$$

$$\Delta h_{\text{сер}} = (\Delta h_{\text{пр}} - \Delta h_{3B})/2 = \Delta h_{\text{гр}} / 4. \quad (6)$$

У таблиці представлені величини систематичного впливу періодичних вертикальних рухів на точність і результати високоточного нівелювання ходів довжиною 30 км і 180 км і замкнутого полігону периметром 1200 км.

Сезонні гідротермічні рухи діють переважно на різниці перевищень між прямими та зворотними ходами. Із збільшенням довжини нівелірного ходу (периметра полігону) систематичний вплив зростає, оскільки помилка нівелювання прямо пропорційна довжині ходу, а середньоквадратична і допустимі помилки – кореню квадратному з довжини ходу (периметра полігону). Оскільки ґрутові репери, якими закріплюються кінці секцій, закладаються згідно з інструкцією по нівелюванню без обсадних труб, то їх гідротермічні рухи можуть у досить великих мірах залежати від погодних умов.

значення [6]. У цьому випадку, вплив періодичних вертикальних зміщень поверхні землі на середні перевищення, які представлені у таблиці, збільшиться у стільки разів, що це приведе до того, що він буде співставлятися за величиною із середньоквадратичною помилкою. Систематична помилка впливу розглянутого фактора на 1 км ходу для прийнятих моделей 1, 2 і 3 дорівнює, відповідно, 0.02 мм, 0.03 мм і 0.04 мм при допустимому значенні для нівелювання I класу 0.08 мм.

Величини систематичного впливу сезонних вертикальних рухів земної поверхні на точність і результати нівелювання I класу

Модель	Довжина секції, км	$(\Delta h)_{\text{пр}}$, мм	$(\Delta h)_{\text{зв}}$, мм	$(\Delta h)_{\text{сер}}$, в мм	d, мм	Середня квадратична помилка, мм	Допустима помилка, мм
Для ходу довжиною 30 км							
1	1.0	0.54	0.47	0.04	1.01	5.48	16.43
2	3.0	1.07	0.99	0.04	2.06	5.48	16.43
3	5.0	1.18	1.09	0.04	2.27	5.48	16.43
Для ходу довжиною 180 км							
1	1.0	3.32	2.83	0.24	6.15	13.42	40.25
2	3.0	6.24	5.94	0.24	12.36	13.42	40.25
3	5.0	7.06	6.56	0.24	13.62	13.42	40.25
Для замкнутого полігона периметром 1200 км							
1	1.0	22.16	18.86	1.65	41.02	34.64	103.92
2	3.0	42.91	39.61	1.65	82.52	34.64	103.92
3	5.0	47.06	43.76	1.65	90.82	34.64	103.92

Значного зменшення дії розглянутого чинника на різниці між прямими та зворотними ходами можна досягнути скороченням довжин секцій до розмірів, які б дозволили перерви в нівелюванні влаштовувати лише на реперах, а не на костилях. Для послаблення впливу сезонних вертикальних рухів на середнє перевищення, ґрунтові репери необхідно закладати лише з обсадними трубами для виключення можливої дії на їх стабільність періодичних зміщень найрухомішого верхнього шару земної поверхні.

1. Русанов Б.С. Гидротермические движения земной поверхности. М., 1961.
2. Певнев А.К. Гидротермические движения земной поверхности и их влияние на выводы о современных движениях земной коры // Современные движения земной коры. М. 1961. № 1. С.372–382.
3. Павлик В.Г. Дослідження сезонних гідротермічних деформацій земної поверхні на різних глибинах / Див. даний зб.
4. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. М., 1990.
5. Нормы выработки и расценки на геодезические и топографические работы. Ч.1 (Полевые работы). К., 1989.
6. Волков В.И. Об оценке влияния

метеорологических факторов на современные движения земной поверхности // Современные движения и деформации земной коры на геодинамических полигонах. М. 1983.