

О ТОЧНОСТИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ В ГАЗОТУРБИННЫХ ЦЕХАХ

На трассах газопроводов страны функционирует большое количество газокompрессорных станций (ГКС). Для получения все-сторонней информации о состоянии ГКС в процессе эксплуатации проводят специальные геодезического наблюдения, осуществляя их на разных уровнях.

Например, наблюдения за осадками инженерно-строительных конструкций и фундаментов зданий выполняют в нижнем слое воздуха, наблюдения за деформациями подкрановых путей — в верхнем, а наблюдения за деформациями осей газонерскачивающих агрегатов (ГПА) целесообразно вести на уровне их расположения.

Актуальным следует считать исследования вопросов повышения точности определения осадок ГПА. Они должны быть определены с паввысшей достижимой точностью.

Исследования стратификации температурного поля одного из типовых газотурбинных цехов компрессорной станции газопровода «Братство» показали, что различие температур в разных точках цеха в один физический момент времени достигает 30 и более градусов.

Распределение температурного поля по высоте в разных частях цеха неоднородно, что приводит к неодинаковому влиянию температурных различий на результаты геодезических измерений.

На основании выполненных нами исследований было установлено, что вдоль линии нивелирования вертикальный градиент показателя преломления воздуха подчиняется зависимости

$$\text{grad}_n n_i = A (aD_i^2 + bD_i + c). \quad (1)$$

Искривление светового луча, вызванное вертикальной рефракцией, можно представить выражением

$$\Delta b = \text{grad}_n n_{\text{ср}} \frac{d^2}{2}. \quad (2)$$

Здесь $\text{grad}_v n_i$ — вертикальный градиент показателя преломления в i точке, расположенной на расстоянии D_i от края цеха; $\text{grad}_v n_{\text{ср}}$ — вертикальный градиент показателя преломления в средней точке интервала d между нивелиром и рейкой; $A = \frac{n_i - 1}{t_i + 273}$ — величина, определяемая по показателю n_i и температуре t_i воздуха; a, b, c — параметры функции (1), которые соответственно равны:

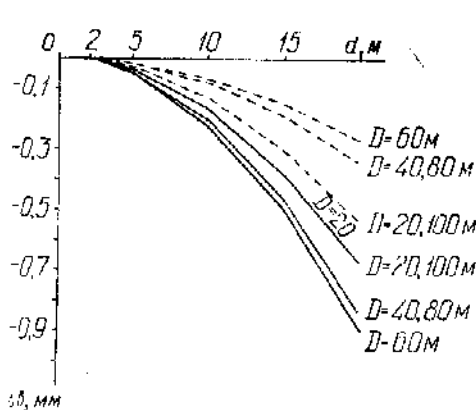


Рис. 1. Графики величин Δb , мм:
 ————— нижний слой; - - - - - верхний слой.

для нижнего слоя (1,3... 5,7 м) $-0,0008, +0,0960, +2,6$;
 для верхнего слоя (5,7... 9,4 м) $+0,0010, -0,1200, +5,3$.

На рис. 1 представлены значения Δb для нижнего и верхнего слоев в зависимости от удаления D средней точки луча «нивелир-рейка» от края цеха.

В нижнем слое воздуха (1,3... 5,7 м) Δb может достигать значений $(-0,7) - (-0,9)$ мм, в верхнем слое (5,7... 9,4 м) — $(-0,2) - (-0,5)$ мм.

При отсчитывании задней и передней реек происходит некоторая компенсация указанных ошибок. Однако вследствие неодинакового распределения показателя преломления вдоль линии нивелирования некоторое влияние вертикальной рефракции остается.

Используя (1) и (2), нетрудно показать, что при соблюдении равенства плеч, ошибку в превышении можно подсчитать по формуле

$$\Delta h = -\frac{A}{2} d^3 (2aD_{\text{ср}} + b), \quad (3)$$

где $D_{\text{ср}}$ — удаление нивелира от края цеха.

Значения ошибок Δh приведены на рис. 2.

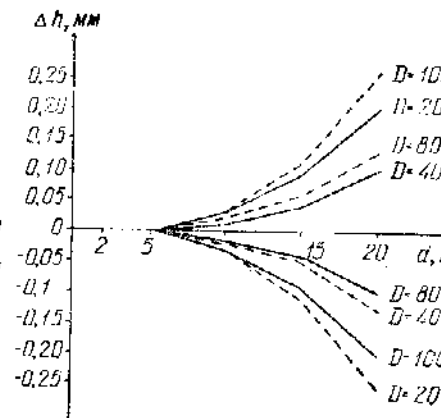


Рис. 2. Графики ошибок Δh , мм:
 ————— нижний слой; - - - - - верхний слой.

Ошибки за влияние рефракции Δh носят систематический характер, а их значения и знак могут изменяться в зависимости от слоя, в котором выполняется нивелирование, удаления от края цеха и длины плеч. Так, в нижнем слое Δh положительны, если нивелирование выполняется от края цеха к его середине и отрицательны при нивелировании от середины цеха к противоположному краю.

В верхнем слое Δh отрицательны, если нивелирование выполняется от края цеха к середине, и положительны при нивелировании от середины к противоположному краю.

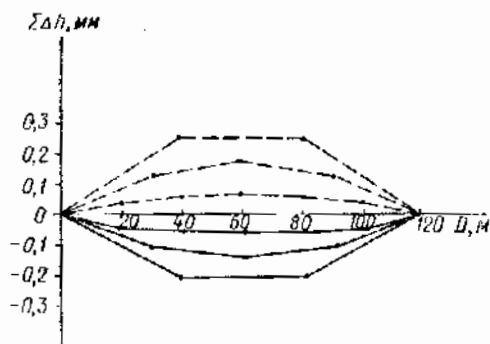


Рис. 3. Ошибки $\Sigma\Delta h$, мм:
 ————— нижний слой; — — — — — верхний слой.

По абсолютной величине в обоих слоях ошибки максимальны у краев цеха и равны нулю на середине. Из рис. 2 следует, что $\Delta h \leq 0,1$ мм длины плеч не должны превышать 10—15 м. При нивелировании осадочных марок вдоль цеха от начала к его середине ошибки в значениях осадок будут накапливаться с одним и тем же знаком и достигнут максимальных значений $\Sigma\Delta h$ на середине цеха (рис. 3). В процессе дальнейшего нивелирования вдоль цеха будет происходить компенсация ошибок в значениях осадок, так как их накопление будет проходить с обратным знаком. Таким образом, по значениям невязок полигонов невозможно с высокой точностью определить качество осадок.

Указанные ошибки еще более увеличиваются, если при нивелировании нельзя соблюсти равенство плеч. Для расчета ошибки за рефракцию положим, что существует разность Δd в расстояниях от нивелира до задней d_3 и передней d_1 преск, т. е.

$$d_3 = d_1 + \Delta d. \quad (4)$$

С учетом (2) ошибку в превышении запишем

$$\Delta h = \text{grad}_n n_3 \frac{d_3^2}{2} - \text{grad}_n n_n \frac{(d_3 + \Delta d)^2}{2}. \quad (5)$$

По (5) подсчитаны ожидаемые ошибки в превышениях в случае неравенства плеч. На рис. 4, как пример, представлены значения ошибок при удалении нивелира на 20 м от начала цеха.

Если задаваться определенными значениями ошибок Δh , то при нивелировании в верхнем слое допустимые неравенства плеч могут быть больше, чем в нижнем слое.

В зависимости от местоположения нивелира в цехе в каждом конкретном случае необходимо рассчитывать допустимые неравенства плеч.

Так, для нашего примера при длинах плеч 10 м и $\Delta h \leq 0,1$ мм, расстояния до задней и передней рёск не должны отличаться более чем на 1,5—2,0 м в нижнем слое и 3—4 м — в верхнем.

Таким образом, выполняя высокоточное геометрическое нивелирование в газотурбинных цехах, необходимо придерживаться изложенных выше рекомендаций. В случае невозможности выдержать допустимые для заданной точности длины и неравенства

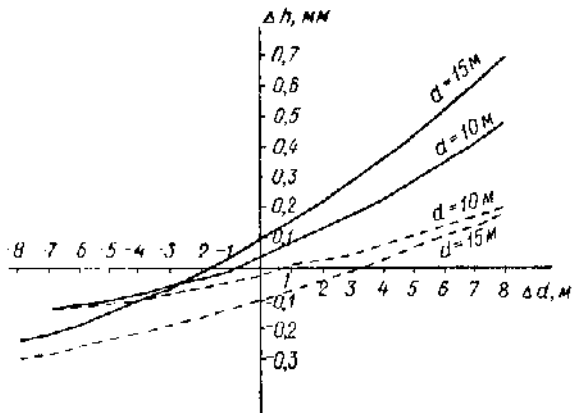


Рис. 4. Графики ошибок Δh , мм:

— нижний слой; ---- верхний слой.

плеч, в измеренные превышения можно вводить поправки по (3) и (5), предварительно изменив знак на обратный.

Для вычисления $\text{grad}_v n_i$ можно использовать (1), в которой с погрешностью не более $1 \cdot 10^{-7}$ величину Δ достаточно принять равной $-8 \cdot 10^{-7}$.