

и вычисляем, пользуясь (11), вторичные поправки. Из сравнения формул (16) и (9) видно, что рассмотренные два подхода к изложению теории двухгруппового уравнивания коррелированных измерений приводят к одним и тем же результатам и совпадают с окончательными формулами, предложенными Большаковым и Маркузе.

Статья поступила в редакцию 11.04.83

ХЛК 528.024.01

Л. Н. ПЕРОВИЧ, М. Ф. ЛИСЕВИЧ, В. М. МАРКИВ

## О ТОЧНОСТИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ В ГАЗОТУРБИННЫХ ЦЕХАХ

На трассах газопроводов страны функционирует большое количество газокompрессорных станций (ГКС). Для получения всесторонней 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 выполняются в нижнем слое воздуха, наблюдения за деформациями подкрановых путей — в верхнем, а наблюдения за деформациями осей газоперекачивающих агрегатов (ГПА) целесообразно вести на уровне их расположения.

Актуальным следует считать исследование вопросов повышения точности определения осадок ГПА. Они должны быть определены с наибольшей 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

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

Искривление светового луча, вызванное вертикальной рефракцией, можно представить выражением

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

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:

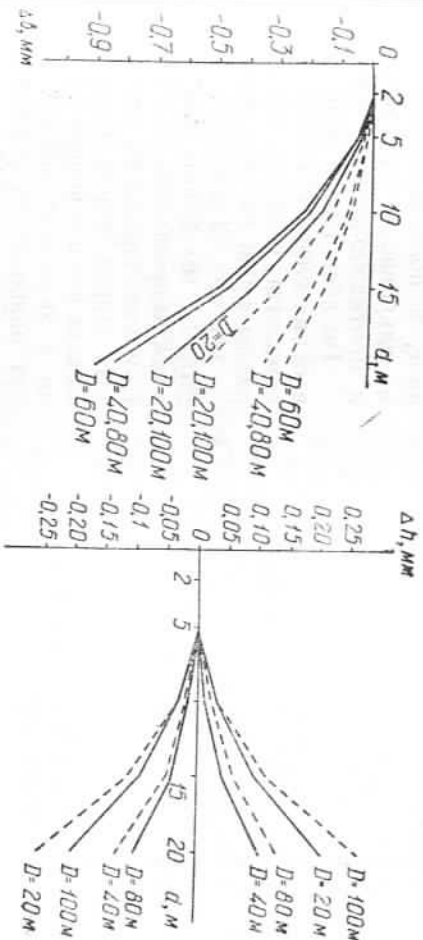


Рис. 1. Графики величин  $\Delta b$ , мм: — нижний слой; --- верхний слой.

Рис. 2. Графики ошибок  $\Delta h$ , 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  $\Delta b$  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)  $\Delta b$  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

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

где  $D_{\text{ср}}$  — удаление нивелира от края цеха. Значения ошибок  $\Delta h$  приведены на рис. 2.

Ошибки за влияние рефракции  $\Delta h$  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  $\Delta h$  положительны, если нивелирование выполняется от края цеха к его середине, и отрицательны при нивелировании от середины цеха к противоположному краю.

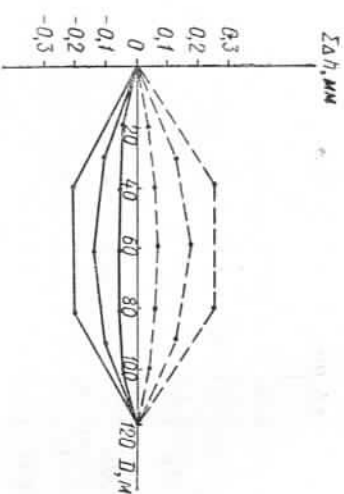


Рис. 3. Ошибки  $\Delta h$ , мм: — нижний слой; - - - верхний слой.

тем же знаком и достигнут максимального значения  $\Delta h$  на середине цеха (рис. 3). В процессе дальнейшего нивелирования вдоль цеха будет происходить компенсация ошибок в значенных 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 обеспечить равенство плеч. Для расчета ошибки за рефракцию положим, что существует разность  $\Delta d$  в расстояниях от нивелира до задней  $d_3$  и передней  $d_1$  реек, т. е.

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

С учетом (2) ошибку в превышении запишем

$$\Delta h = \text{град}_s n_s^2 \frac{d_3^2}{2} - \text{град}_s n_s^2 \frac{(d_s + \Delta d)^2}{2}. \quad (5)$$

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  $\Delta h$ , 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 реек 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

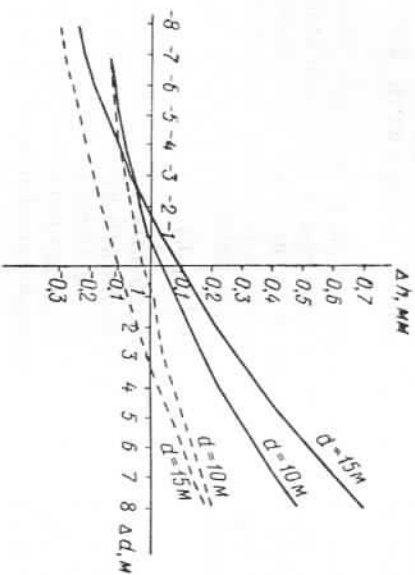


Рис. 4. Графики ошибок  $\Delta h$ , мм: — нижний слой; - - - верхний слой.

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

Для вычисления  $\text{град}_s n_s^2$  можно использовать (1), в которой с погрешностью не более  $1 \cdot 10^{-7}$  величину  $A$  достаточно принять равной  $8 \cdot 10^{-7}$ .

Статья поступила в редакцию 08. 04. 83

## Р. М. РУДЫН К АНАЛИЗУ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ

При наземной топографической съемке, как и при картографировании автоматическими методами, возникает вопрос о необходимости и достаточном количестве пикетных точек для полного отображения морфометрических и морфографических характеристик рельефа [1]. Количество пикетных точек зависит от контуров района и рельефа местности, а при картографировании малообжитых районов и рельефа определяется, главным образом, характером рельефа.