

Н. И. КРАВЦОВ

ОБ ИЗМЕРЕНИИ ДЛИН ЛИНИЙ РАДИОДАЛЬНОМЕРОМ В ДВЕ ВИДИМОСТИ

Согласно требованиям Инструкции [2], измерение линий полигонометрии 2-го класса радиодальномером должно производиться «равномерно в течение двух дней». Как правило, в производственных условиях измерение линий выполняется в две видимости: половина приемов в утреннюю видимость, половина — в вечернюю. Периоды видимостей, как известно, характеризуются резкими изменениями вертикальных градиентов температуры и влажности, ход которой в основном следует за ходом температуры [1]. В периоды видимостей происходит становление и разрушение инверсий, температурный градиент переходит через нуль. Из метеорологии известно, что и вертикальный градиент влажности приблизительно в эти моменты переходит через нуль. Таким образом, в одну и ту же видимость измерения длин линий производятся при различной стратификации атмосферы. Необходимо выяснить, существуют ли различия в длинах линий, измеренных в утреннюю и вечернюю видимость.

Для исследований были выбраны 94 линии радиополигонометрии 2-го класса, каждая из которых измерена восемь приемами (четыре в утреннюю видимость, четыре — в вечернюю). Всего использовано 752 приема измерения длин линий. В обработку брались линии, вычисленные установленным порядком с учетом влияния метеорологических факторов.

Район, в котором производились измерения длин линий, лежит в центральной части Западно-Сибирской низменности и представляет собой заболоченную равнину, покрытую хвойными и смешанными лесами высотой до 25 м. Абсолютные отметки колеблются в пределах от 100 до 125 м.

Все длины линий были сгруппированы по видимостям и приемам, и из них были вычислены средние значения линий, м:

	1-й прием	2-й прием	3-й прием	4-й прием	Среднее из приемов	Кол-во линий
Утренняя видимость	11050,404	11050,404	11050,413	11050,413	11050,408	94
Вечерняя видимость	11050,394	11050,403	11050,400	11050,398	11050,399	94

Как видим, имеются расхождения в средних значениях длин линий, измеренных в отдельных приемах, и в средних значениях длин линий, определенных в различные видимости. Линии, измеренные в вечернюю видимость, занижены на величину порядка 1 см по сравнению с утренними наблюдениями.

Существенны ли расхождения в длинах линий, измеренных в разные видимости? Для ответа на этот вопрос дальнейшие исследования произведем с помощью двухфакторного дисперсионного анализа [3]. Для анализа составим таблицу.

Итоговая таблица средних значений длин линий

B	A				
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	Итоги X' _j
B ₁	0,404	0,404	0,413	0,413	1,634
B ₂	0,394	0,403	0,400	0,398	1,595
Итоги X _i	0,798	0,807	0,813	0,811	3,229

В таблице буквами A₁, A₂, A₃, A₄ обозначены средние значения длин линий в 1-м, 2-м, 3-м и 4-м приемах соответственно. Через B₁ и B₂ обозначены утренняя и вечерняя видимости. Для облегчения вычислений целое число метров в таблицу не выписывалось — на дисперсиях это не отразится. X_i есть итоги данных по столбцам, X'_j — по строкам. Обозначим через x_i и x'_j средние по столбцам и строкам

$$\bar{x}_i = \frac{X_i}{m}, \quad \bar{x}'_j = \frac{X'_j}{k}.$$

В нашем случае m=2, k=4. В правом нижнем углу таблицы записана общая сумма всех элементов

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m x_{ij} = \sum_{i=1}^k X_i = \sum_{j=1}^m X'_j = 3,229.$$

Обработку полученных в таблице данных ведем по правилам двухфакторного дисперсионного анализа. Для этого находим

$$Q_1 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m x_{ij}^2 = 1,303\ 619; \quad Q_2 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^k X_i^2 = 1,303\ 372;$$

$$Q_3 = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^m X_j'^2 = 1,303\ 495; \quad Q_4 = \frac{1}{mk} \left(\sum_{i=1}^k X_i \right)^2 = \frac{1}{mk} \left(\sum_{j=1}^m X'_j \right)^2 = 1,303\ 305$$

где Q₁ — сумма квадратов всех наблюдений; Q₂ — сумма квадратов итогов по столбцам, деленная на число наблюдений в столбце; Q₃ — то же по строкам; Q₄ — квадрат общего итога, деленный на число наблюдений.

Находим общую дисперсию взаимодействия

$$S_0^2 = \frac{Q_1 + Q_4 - Q_2 - Q_3}{(k-1)(m-1)} = 0,000\ 019.$$

Для оценки влияния факторов A и B в отдельности определим дисперсии

$$S_A^2 = \frac{Q_2 - Q_4}{k-1} = 0,000\ 022 \quad \text{и} \quad S_B^2 = \frac{Q_3 - Q_4}{m-1} = 0,000\ 190.$$

Сравнение дисперсий производим с помощью критерия Фишера. При уровне значимости p=0,01 и степенях свободы f₁=k-1=3 и f₂=

$= (k-1)(m-1)$ из таблиц, помещенных в [3], находим значение $F_{0,99} = 29,5$.

Вычисляем отношения

$$\frac{S_A^2}{S_0^2} = 1,16 < F_{0,99} \quad \text{и} \quad \frac{S_B^2}{S_0^2} = 10,00 < F_{0,99}.$$

Сравнивая эти отношения с табличным значением F -распределения, видим, что влияние фактора A и фактора B на измеренные линии нельзя признать значимым.

Таким образом, в значениях длин линий, измеренных в различных приемах в утреннюю и вечернюю видимость, нет существенного различия. Получаемая из различных видимостей относительная ошибка в длине линии для полигонометрии 2-го класса вполне допустима, так согласно требованиям Инструкции [2], она должна быть не менее $1 : 250\,000$.

Исходя из того, что измерения длин линий в периоды видимости дают достаточно близкие результаты, существенно не отличающиеся друг от друга, то именно эти моменты и следует, по-видимому, считать наиболее благоприятными для производства радиогодезических измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Девятова В. А. Микроаэрологические исследования нижнего километрового слоя атмосферы. Гидрометеониздат, Л., 1957.
2. Инструкция о построении Государственной геодезической сети СССР, «Недра», 1966.
3. Пустыльник Е. И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений. «Наука», М., 1968.

Работа поступила
3 марта 1970 г.