

Г. Г. ПЕТРАШЕВИЧ

К ВОПРОСУ О НОРМАЛЬНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ КОЭФФИЦИЕНТОВ РЕФРАКЦИИ В СЕВЕРНЫХ РАЙОНАХ

Изучение статистического распределения коэффициентов вертикальной рефракции k весьма актуально в практике геодезического нивелирования. Цель статьи — исследование особенностей распределения величин k в статистических рядах по материалам производственных и экспериментальных наблюдений в районе Крайнего Севера и Заполярья. Используются результаты производственных наблюдений зенитных расстояний между теми пунктами, отметки которых определены геометрическим нивелированием, а расстояния между ними получены из предварительного решения треугольников на двух участках триангуляционных сетей, расположенных в районах Крайнего Севера. Измерения зенитных расстояний выполнены в соответствии с требованиями инструкции [2]. Характеристика участков триангуляции приведена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика участков триангуляции

Название	Рельеф	Средняя сторона, км	Колебания в пределах		Средняя широта
			разностей высот по абсолютному значению, м	абсолютных высот, м	
А	Низменно-предгорный (тундра и арктическая пустыня)	10,0	0—163	8—201	65°
НУ	То же	10,0	0—170 (Эквивалентные высоты до 90)	4—214	64°

Кроме производственных наблюдений, использованы результаты круглосуточных измерений зенитных расстояний двумя приемами теодолитом ОТ-02 на трех пунктах триангуляции (рис. 1) в районе Западно-Сибирской низменности, севернее полярного круга. Наблюдения выполнены нами летом 1967 года. Продолжительность наблюдений на пунктах следующая: пункт I — 9 — 25 июля, пункт II — 29 июля — 1-августа и пункт III — 3 августа. Характеристика отнаблюденных направлений приведена в табл. 2. Отметки пунктов, по направлениям которых произведены наблюдения, были определены геометрическим нивелированием II класса, за исключением двух пунктов (II, 2), которые определены нивелированием IV класса.

Величина k найдена по данным геодезического и геометрического нивелирования. В результате экспериментальных наблюдений для учета погрешности в одностороннем геодезическом нивелировании, вызванной неучетом толщины нити трубы и личной ошибки визирования наблюдателя, в лабораторных условиях определено суммарное значение этой погрешности Θ и введены соответствующие поправки Δk_Θ (в вычисленные величины k).

Поскольку экспериментальные наблюдения выполнялись круглосуточно в условиях полярного дня, а также в связи с особенностями суточного хода k в Заполярье, все серии наблюдений отнесены к следующим периодам суток:

- 1) «ночные», куда включаются и периоды спокойных изображений;
- 2) дневной.

С целью изучения закона распределения величин k в отдельных статистических рядах для участков А и НУ принята одинаковая длина разрядов. Аналогичные ряды составлены и по результатам экспериментальных наблюдений для соответствующих периодов суток только по четырем направлениям на пункте I, так как по направлению I—I и на остальных пунктах количество наблюдений весьма ограничено. Кроме того, величины k , соответствующие периодам спокойных изображений на трех пунктах сети, сведены в отдельный статистический ряд, для которого при измерении зенитных расстояний качество изображений фиксировалось визуально в пятибалльной системе, а в обработку включены наблюдения, выполненные только при балле 5.

Для каждого статистического ряда найдены параметры нормального распределения m_x^* и σ_k , как и вся математическая обработка, по формулам [1]

$$m_x^* = \sum_{i=1}^k \tilde{x}_i p_i^*, \quad \sigma^2 = D_x^*.$$

Далее для исследования характера распределения величин k в статистических рядах определена вероятность попадания величин в отдельные разряды, на основании таблицы значений нормальной функции

Таблица 2

Характеристика направлений

Направления	s, км	h _з , м	Направления	s, км	h _з , м	Направления	s, км	h _з , м
Пункт I			Пункт II			Пункт III		
III	8,9	9,9	1	3,9	7,9	4	11,2	15,4
1	12,5	6,1	3	5,6	10,4	I	8,9	16,0
2	7,8	9,4	4	10,3	10,2	II	6,3	15,2
3	8,6	9,2	III	6,3	13,4			
II	3,9	10,4						

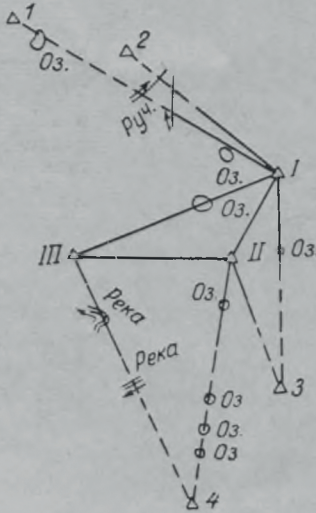


Рис. 1. Схема сети.

распределения $\Phi^*[X]$, а затем подсчитано теоретическое количество измерений np_i в них.

По результатам вычислений построены кривые распределений величин k для четырех направлений на пункте I, которые приведены на рис. 2 и 3 для ночного и дневного периодов наблюдений, и на рис. 4 для периодов спокойных изображений. Аналогичные кривые можно было бы построить и по результатам производственных наблюдений, используя данные табл. 3.

Таблица 3
Характеристика нормального распределения величин

Участки и на- правле- ния	Колич. величин	Параметры распределения		P_x
		m_x^*	σ	
А	74	+0,143	0,123	0,00
НУ	89	+0,148	0,159	0,00
„Ночной“ период				
I—III	66	+0,344	0,213	0,00
I—2	66	+0,421	0,301	0,00
I—3	66	+0,299	0,198	0,00
I—II	66	+0,358	0,262	0,00
Дневной период				
I—III	32	+0,072	0,034	0,29
I—2	32	—0,040	0,071	0,70
I—3	32	+0,066	0,042	0,34
I—II	32	—0,019	0,067	0,03
Периоды спокойных изображений				
	68	+0,162	0,061	0,79

Из анализа кривых распределений величин k для отдельных периодов наблюдений видно, что для «ночного» периода характерны большие положительные эксцессы (рис. 2), которые присущи и произ-

Таблица 4
Количество измерений в разрядах

Раз- ряды	Интер- валы	Участок А		Участок НУ		Раз- ряды	Интер- валы	Участок А		Участок НУ	
		np_i	m_i	np_i	m_i			np_i	m_i	np_i	m_i
1	—0,45			0,0	1	15	+0,25	6,7	5	8,1	2
2	—0,40			0,1	0	16	—0,30	4,0	2	6,0	2
3	—0,35			0,1	1	17	+0,35	2,0	1	4,0	2
4	—0,30			0,2	0	18	+0,40	0,9	1	2,5	2
5	—0,25	0,2	1	0,8	0	19	—0,45	0,3	2	1,4	0
6	—0,20	0,4	2	1,4	1	20	+0,50			0,7	2
7	—0,15	1,2	0	2,6	0	21	—0,55			0,3	0
8	—0,10	2,5	1	2,4	2	22	+0,60			0,1	0
9	—0,05	4,8	2	6,2	4	23	—0,65			0,1	0
10	0,00	7,6	7	8,3	4	24	+0,70			0,0	0
11	+0,05	10,3	7	10,0	13	25	—0,75			0,0	0
12	+0,10	11,8	17	11,0	19	26	+0,80			0,0	0
13	+0,15	11,5	24	11,0	25	27	—0,85			0,0	1
14	+0,20	9,5	2	9,9	8		+0,90				

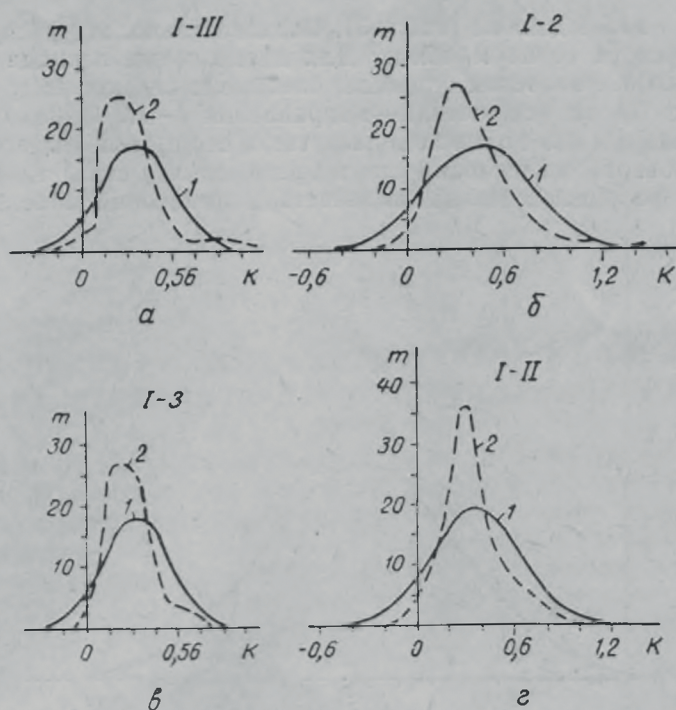


Рис. 2. Кривые распределения («ночной» период), пункт I:
1 — нормальная кривая; 2 — статистическая кривая.

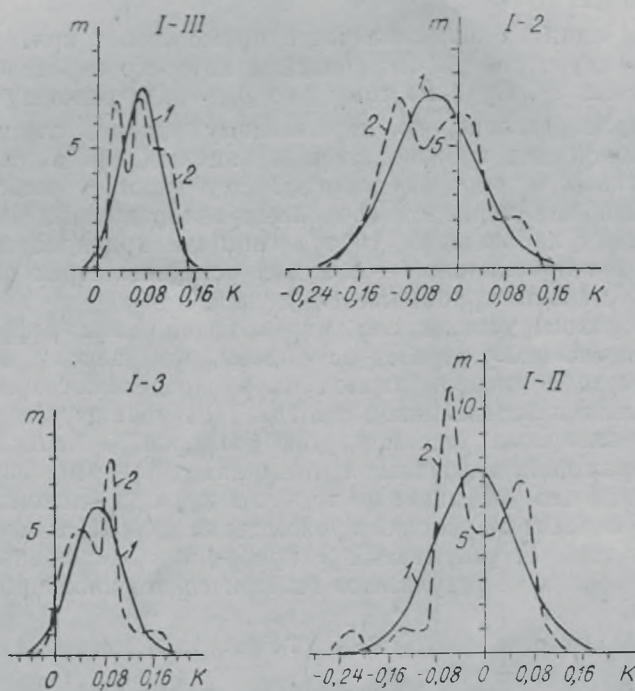


Рис. 3. Кривые распределения (дневной период), пункт I:
1 — нормальная кривая; 2 — статистическая кривая.

водственным наблюдениям (табл. 3). Следовательно, эти распределения резко отличаются от нормальных. Для дневного же периода наблюдения абсолютные значения эксцессов, близкие к нормальному распределению (рис. 3), за исключением направления $I-II$. Однако для этих рядов характерны как положительные, так и отрицательные асимметрии.

При проверке согласованности теоретических и статистических распределений разряды с малым количеством измерений объединялись и

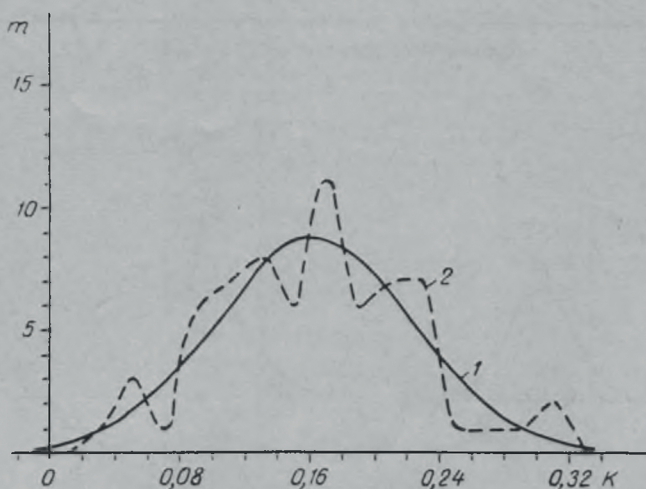


Рис. 4. Кривая распределения (периоды спокойных изображений):
1 — нормальная кривая; 2 — статистическая кривая.

использовался один из наиболее часто применяемых критериев согласованности — «критерий χ^2 » Пирсона, для которого определены вероятности p_{χ^2} (табл. 3). Судя по тому, что $p_{\chi^2} = 0,00$, гипотезу о том, что величины k распределены по нормальному закону, следует считать неправдоподобной для производственных наблюдений и для наблюдений, выполненных в «ночной» период. Эту гипотезу можно считать правдоподобной для периодов спокойных изображений. Что касается периода дневных наблюдений, то эта гипотеза правдоподобна только для величин k направления $I-2$, а для остальных трех направлений в различной степени приближается к ней.

Таким образом, установлено, что коэффициенты рефракции, наблюдаемые в «ночной» период, не подчиняются закону нормального распределения, а в дневной период их распределения приближаются к нему, но только в определенной степени, и зависят от условий погоды, прохождения визирного луча и других факторов. В периоды же спокойных изображений величины k подчиняются нормальному закону распределения, а это указывает на то, что в периоды спокойных изображений они не зависят от условий прохождения визирного луча и других факторов. Это следует учитывать при проведении наблюдений зенитных расстояний и обработке результатов геодезического нивелирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. М., «Наука», 1964.
2. Инструкция о построении Государственной геодезической сети Союза ССР. М., «Недра», 1965.

Работа поступила
3 апреля 1968 г.