

ТАБЛИЦЫ ПРИРАЩЕНИЙ КООРДИНАТ ДЛЯ МАРКШЕЙДЕРОВ

Г. Ф. ЛЫСОВ

(Представлено научным семинаром кафедр маркшейдерского дела и геодезии)

В своей практической работе маркшейдеру приходится большую часть времени уделять вычислению координат пунктов по результатам произведенных измерений.

В соответствии с требованиями, предъявляемыми к вычислению координат подземной съемки, за последние годы были изданы специально для нужд маркшейдеров пятизначные таблицы натуральных значений тригонометрических функций и пятизначные таблицы логарифмов, составленные проф. Д. Н. Оглоблиным.

Между тем маркшейдер не всегда имеет возможность вычислять координаты с помощью арифмометра. В этом случае логарифмический способ вычисления маркшейдерских съемок, являющийся наиболее трудоемким, может быть заменен определением координат с помощью таблиц приращений координат.

Однако изданные для нужд геодезистов известные таблицы Ф. Гаусса и инж. М. Л. Рудштейна, в некоторых колонках которых приращения даны с двумя десятичными знаками, по точности не удовлетворяют маркшейдеров, так как обычно в подземных съемках приращения координат выражаются десятками метров и вычисляются с точностью до миллиметров. Этот недостаток упомянутых таблиц устранен в таблицах приращений координат И. Ф. Паленова, изданных в 1954 году Углетехиздатом. Но и таблицы И. Ф. Паленова также почти не применяются в маркшейдерской практике. Главными причинами, препятствующими применению этих таблиц, являются, во-первых, трудность отыскания нужных аргументов из-за весьма большого объема книги (553 стр.) и, во-вторых, сложность интерполирования.

В связи с изложенным мы предлагаем составить и издать специальные таблицы приращений координат для маркшейдеров меньшего объема, общая компоновка которых, азимутальная роспись и таблички поправок представлены в приложении I.

Предлагаемые таблицы должны предназначаться для вычисления приращений координат по формулам:

$$\begin{aligned}\Delta x &= S \cdot \cos \alpha = \pm S \cdot \cos R, \\ \Delta y &= S \cdot \sin \alpha = \pm S \cdot \sin R,\end{aligned}$$

где S — горизонтальное проложение линии, а α и R — соответственно дирекционный угол и румб этой линии.

Cos 44° Δx (d)

224°
44°±

S	10'	19'	18'	17'	16'	15'	14'	13'	12'	11'	10'	9'	8'	7'	6'	5'	4'	3'	2'	1'	0'	S
	40'	41'	42'	43'	44'	45'	46'	47'	48'	49'	50'	51'	52'	53'	54'	55'	56'	57'	58'	59'	60'	
10	7,1121	7,1100	7,1080	7,1060	7,1039	7,1018	7,0998	7,0978	7,0957	7,0937	7,0916	7,0896	7,0875	7,0854	7,0834	7,0813	7,0793	7,0772	7,0752	7,0731	7,0711	10
11	7,823	7,821	7,819	7,817	7,814	7,812	7,810	7,808	7,805	7,803	7,801	7,799	7,796	7,794	7,792	7,789	7,787	7,785	7,783	7,780	7,778	11
12	8,535	8,532	8,530	8,527	8,525	8,522	8,520	8,517	8,515	8,512	8,510	8,507	8,505	8,503	8,500	8,498	8,495	3,493	8,490	8,488	8,485	12
13	9,246	9,243	9,240	9,238	9,235	9,232	9,230	9,227	9,224	9,222	9,219	9,216	9,214	9,211	9,208	9,206	9,203	9,200	9,198	9,195	9,192	13
14	9,957	9,954	9,951	9,948	9,945	9,943	9,940	9,937	9,934	9,931	9,928	9,925	9,922	9,920	9,917	9,914	9,911	9,908	9,905	9,902	9,899	14
15	10,668	10,665	10,662	10,659	10,656	10,653	10,650	10,647	10,644	10,640	10,637	10,634	10,631	10,628	10,625	10,622	10,619	10,616	10,613	10,610	10,607	15
16	11,379	11,376	11,373	11,370	11,366	11,363	11,360	11,356	11,353	11,350	11,347	11,343	11,340	11,337	11,333	11,330	11,327	11,324	11,320	11,317	11,314	16
17	12,091	12,087	12,084	12,080	12,077	12,073	12,070	12,066	12,063	12,059	12,056	12,052	12,049	12,045	12,042	12,038	12,035	12,031	12,028	12,024	12,021	17
18	12,802	12,798	12,794	12,791	12,787	12,783	12,780	12,776	12,772	12,769	12,765	12,761	12,758	12,754	12,750	12,746	12,743	12,739	12,735	12,732	12,728	18
19	13,513	13,509	13,505	13,501	13,497	13,494	13,490	13,486	13,482	13,478	13,474	13,470	13,466	13,462	13,458	13,455	13,451	13,447	13,443	13,439	13,435	19
20	14,224	14,220	14,216	14,212	14,208	14,204	14,200	14,196	14,191	14,187	14,183	14,179	14,175	14,171	14,167	14,163	14,159	14,154	14,150	14,146	14,142	20
21	14,935	14,931	14,927	14,922	14,918	14,914	14,910	14,905	14,901	14,897	14,892	14,888	14,884	14,879	14,875	14,871	14,867	14,862	14,858	14,854	14,849	21
22	15,647	15,642	15,638	15,633	15,629	15,624	15,620	15,615	15,611	15,606	15,602	15,597	15,592	15,588	15,583	15,579	15,573	15,570	15,565	15,561	15,556	22
23	16,358	16,353	16,348	16,344	16,339	16,334	16,330	16,325	16,320	16,315	16,306	16,301	16,297	16,292	16,287	16,282	16,278	16,273	16,268	16,263	16,258	23
24	17,069	17,064	17,059	17,054	17,049	17,044	17,040	17,035	17,030	17,025	17,020	17,015	17,010	17,005	17,000	16,995	16,990	16,985	16,980	16,975	16,971	24
25	17,780	17,775	17,770	17,765	17,760	17,755	17,750	17,744	17,739	17,734	17,729	17,724	17,719	17,714	17,708	17,703	17,698	17,693	17,688	17,683	17,678	25
26	18,491	18,486	18,481	18,475	18,470	18,465	18,460	18,454	18,449	18,444	18,438	18,433	18,428	18,422	18,417	18,411	18,406	18,401	18,395	18,390	18,385	26
27	19,203	19,197	19,192	19,186	19,181	19,175	19,169	19,164	19,158	19,153	19,147	19,142	19,136	19,131	19,125	19,120	19,114	19,109	19,103	19,097	19,092	27
28	19,914	19,908	19,902	19,897	19,891	19,885	19,879	19,874	19,868	19,862	19,857	19,851	19,845	19,839	19,834	18,828	19,822	19,816	19,811	19,805	19,799	28
29	20,625	20,619	20,613	20,607	20,601	20,595	20,589	20,584	20,578	20,572	20,566	20,560	20,554	20,548	20,542	20,536	20,530	20,524	20,518	20,512	20,506	29
30	21,336	21,330	21,324	21,318	21,312	21,306	21,299	21,293	21,287	21,281	21,275	21,269	21,262	21,256	21,250	21,244	21,238	21,232	21,226	21,219	21,213	30
31	22,047	22,041	22,035	22,028	22,022	22,016	22,009	22,003	21,997	21,990	21,984	21,978	21,971	21,965	21,959	21,952	21,946	21,939	24,933	21,927	21,920	31
32	22,759	22,752	22,746	22,739	22,732	22,726	22,719	22,713	22,706	22,700	22,693	22,687	22,680	22,673	22,667	22,661	22,654	22,647	22,641	22,634	22,627	32
33	23,470	23,463	23,456	23,450	23,443	23,436	23,429	23,423	23,416	23,409	23,402	23,396	23,389	23,382	23,375	23,368	23,362	23,355	23,348	23,341	23,335	33
34	24,181	24,174	24,167	24,160	24,153	24,146	24,139	24,132	24,125	24,118	24,111	24,105	24,098	24,091	24,084	24,077	24,070	24,063	24,056	24,049	24,042	34
35	24,892	24,885	24,878	24,871	24,864	24,857	24,849	24,842	24,835	24,828	24,821	24,813	24,806	24,799	24,792	24,785	24,0778	24,770	24,763	24,756	24,749	35
36	25,604	25,596	25,589	25,581	25,574	25,567	25,559	25,552	25,545	25,537	25,530	25,522	25,515	25,508	25,500	25,493	25,485	25,478	25,471	25,463	25,456	36
37	26,315	26,307	26,300	26,292	26,284	26,277	26,269	27,262	26,254	26,247	26,239	26,231	26,224	26,216	26,209	26,201	26,193	26,186	26,178	26,171	26,163	37
38	27,026	27,018	27,010	27,003	26,995	26,987	26,979	26,971	26,964	26,956	26,948	26,940	26,932	26,925	26,917	26,909	26,901	26,894	26,886	26,878	26,870	38
39	27,737	27,729	27,721	27,713	27,705	27,697	27,689	26,681	27,673	27,665	27,657	27,649	27,641	27,633	27,625	27,617	27,609	27,601	27,593	27,585	27,577	39
40	28,448	28,440	28,432	28,424	28,416	28,407	28,399	28,383	28,383	28,375	28,366	28,358	28,350	28,342	28,334	28,325	28,309	28,300	28,301	28,292	28,284	40

315°+
135°-

Поправки на десятитк секунд

Табл. разн.	10"	20"
-------------	-----	-----

2,0	0,3	0,7
3,0	0,5	1,0
4,0	0,7	1,3
5,0	0,8	1,7
6,0	1,0	2,0
7,0	1,2	2,3
8,0	1,3	2,7
9,0	1,5	3,0
10,0	1,7	3,3
11,0	1,8	3,7
12,0	2,0	4,0
13,0	2,2	4,3
14,0	2,3	4,7
15,0	2,5	5,0
16,0	2,7	5,3
17,0	2,8	5,7
18,0	3,0	6,0
19,0	3,2	6,3
20,0	3,3	6,7
21,0	3,5	7,0

Табл. разн.	40"	50"
-------------	-----	-----

2,0	1,3	1,7
3,0	2,0	2,5
4,0	2,7	3,3

224°
49°

315°
135°

			Sin 44° Δy(h)																					
			20'	19'	18'	17'	16'	15'	14'	13'	12'	11'	10'	9'	8'	7'	6'	5'	4'	3'	2'	1'	0'	S
			41'	42'	43'	44'	45'	46'	47'	48'	49'	50'	51'	52'	53'	54'	55'	56'	57'	58'	59'	60'	S	
10	7,0298	7,0319	7,0340	7,0360	7,0381	7,0402	7,0442	7,0443	7,0463	7,0484	7,0505	7,0525	7,0546	7,0566	7,0587	7,0608	7,0628	7,0649	7,0670	7,0690	7,0711	10		
11	7,733	7,735	7,737	7,740	7,742	7,744	7,746	7,749	7,751	7,753	7,756	7,758	7,760	7,762	7,765	7,767	7,769	7,771	7,774	7,776	7,778	11		
12	8,436	8,438	8,441	8,443	8,446	8,448	8,451	8,453	8,456	8,458	8,461	8,463	8,466	8,468	8,470	8,473	8,475	8,478	8,480	8,483	8,485	12		
13	9,139	9,141	9,144	9,147	9,150	9,152	9,155	9,158	9,160	9,163	9,166	9,168	9,171	9,174	9,176	9,179	9,182	9,184	9,187	9,190	9,192	13		
14	9,842	9,845	9,848	9,850	9,853	9,856	9,859	9,862	9,865	9,868	9,871	9,874	9,876	9,879	9,882	9,885	9,888	9,891	9,894	9,897	9,899	14		
15	10,545	10,548	10,551	10,554	10,557	10,560	10,563	10,566	10,570	10,573	10,576	10,579	10,582	10,585	10,588	10,591	10,594	10,597	10,600	10,604	10,607	15		
16	11,248	11,251	11,254	11,258	11,261	11,264	11,268	11,271	11,274	11,277	11,281	11,284	11,287	11,291	11,294	11,297	11,301	11,304	11,307	11,310	11,314	16		
17	11,951	11,954	11,958	11,961	11,965	11,968	11,972	11,975	11,979	11,982	11,986	11,989	11,993	11,996	12,000	12,003	12,007	12,010	12,014	12,017	12,021	17		
18	12,654	12,657	12,661	12,665	12,669	12,672	12,676	12,680	12,683	12,687	12,691	12,695	12,698	12,702	12,706	12,709	12,713	12,717	12,721	12,724	12,728	18		
19	13,357	13,361	13,365	13,368	13,372	13,376	13,380	13,384	13,388	13,392	13,396	13,400	13,404	13,408	13,412	13,415	13,419	13,423	13,427	13,431	13,435	19		
20	14,060	14,064	14,068	14,072	14,076	14,080	14,084	14,089	14,093	14,097	14,101	14,105	14,109	14,113	14,117	14,122	14,126	14,130	14,134	14,138	14,142	20		
21	14,763	14,767	14,771	14,776	14,780	14,784	14,789	14,793	14,797	14,802	14,806	14,810	14,815	14,819	14,823	14,828	14,832	14,836	14,841	14,845	14,849	21		
22	15,466	15,470	15,475	15,479	15,484	15,488	15,493	15,497	15,502	15,507	15,511	15,516	15,520	15,525	15,529	15,534	15,538	15,543	15,547	15,552	15,557	22		
23	16,169	16,173	16,178	16,183	16,188	16,192	16,197	16,202	16,207	16,211	16,216	16,221	16,226	16,230	16,235	16,240	16,245	16,249	16,254	16,259	16,263	23		
24	16,872	16,877	16,881	16,886	16,891	16,896	16,901	16,906	16,911	16,916	16,921	16,926	16,931	16,936	16,941	16,946	16,951	16,956	16,961	16,966	16,971	24		
25	17,575	17,580	17,585	17,590	17,595	17,600	17,606	17,611	17,616	17,621	17,626	17,631	17,636	17,642	17,647	17,652	17,657	17,662	17,667	17,673	17,678	25		
26	18,278	18,283	18,288	18,294	18,299	18,304	18,310	18,315	18,320	18,326	18,331	18,337	18,342	18,347	18,353	18,358	18,363	18,369	18,374	18,379	18,385	26		
27	18,980	18,986	18,992	18,997	19,003	19,008	19,014	19,020	19,025	19,031	19,036	19,042	19,047	19,053	19,059	19,064	19,070	19,075	19,081	19,086	19,092	27		
28	19,683	19,689	19,695	19,704	19,707	19,712	19,718	19,724	19,730	19,736	19,741	19,747	19,753	19,759	19,764	19,770	19,776	19,782	19,787	19,793	19,799	28		
29	20,386	20,392	20,398	20,404	20,410	20,416	20,422	20,428	20,434	20,440	20,446	20,452	30,458	20,464	20,470	20,476	20,482	20,488	20,494	20,500	20,506	29		
30	21,089	21,096	21,102	21,108	21,114	21,120	21,127	21,133	21,139	21,145	21,151	21,158	21,164	21,170	21,176	21,182	21,189	21,195	21,201	21,207	21,213	30		
31	21,729	21,732	21,805	21,812	21,818	21,824	21,831	21,837	21,844	21,850	21,856	21,863	21,869	21,876	21,882	21,888	21,895	21,901	21,908	21,914	21,920	31		
32	22,495	22,502	22,509	22,515	22,523	22,528	22,535	22,542	22,548	22,555	22,562	22,568	22,575	22,581	22,588	22,594	22,601	22,608	22,614	22,621	22,627	32		
33	23,198	23,205	23,212	23,219	23,226	23,232	23,239	23,246	23,253	23,260	23,267	23,273	23,280	23,287	23,294	23,301	23,307	23,314	23,321	23,328	23,335	33		
34	23,901	23,908	23,915	23,922	23,929	23,937	23,944	23,951	23,958	23,965	23,972	23,979	23,986	23,993	24,000	24,007	24,014	24,021	24,028	24,035	24,041	34		
35	24,604	24,612	24,619	24,626	24,633	24,641	24,648	24,655	24,662	24,669	24,677	24,684	24,691	24,698	24,706	24,713	24,720	24,727	24,734	24,742	24,749	35		
36	25,307	25,315	25,322	25,330	25,337	25,345	25,352	25,359	25,367	25,374	25,382	25,389	25,397	25,404	25,411	25,419	25,426	25,434	25,441	25,448	25,456	36		
37	26,010	26,018	26,026	26,033	26,041	26,049	26,056	26,064	26,074	26,079	26,087	26,094	26,102	26,110	26,117	26,125	26,133	26,140	26,148	26,155	26,163	37		
38	26,713	26,721	26,729	26,737	26,745	26,753	26,760	26,768	26,776	26,784	26,792	26,800	26,807	26,815	26,823	26,831	26,839	26,847	26,854	26,862	26,870	38		
39	27,416	27,424	27,432	27,440	27,449	27,457	27,465	27,473	27,481	27,489	27,497	27,505	27,513	27,521	27,529	27,537	27,545	27,553	27,561	27,569	27,577	39		

Поправки на десятки секунд

Табл. разн.	10"	20"
2,0	0,3	0,7
3,0	0,5	1,0
4,0	0,7	1,3
5,0	0,8	1,7
6,0	1,0	2,0
7,0	1,2	2,3
8,0	1,3	2,7
9,0	1,5	3,0
10,0	1,7	3,3
11,0	1,8	3,7
12,0	2,0	4,0
13,0	2,2	4,3
14,0	2,3	4,7
15,0	2,5	5,0
16,0	2,7	5,3
17,0	2,8	5,7
18,0	3,0	6,0
19,0	3,2	6,3
20,0	3,3	6,7
21,0	3,5	7,0

Табл. разн.	40"	50"
2,0	1,3	1,7
2,0	2,0	2,5

В таблицах должны быть даны произведения косинуса и синуса углов от 0 до 90° через одну минуту на меры линий, выраженные целыми единицами от 10 до 99.

Каждая страница таблиц снабжается азимутальной росписью, благодаря которой приращение можно приискывать по любому дирекционному углу линии, не приводя его к румбу.

На каждой левой странице таблиц размещаются значения Δx на 20 минут углового аргумента через одну минуту от 0° до 45°, на правой странице — значения Δy для тех же значений углов. Для значений углов от 45 до 90° приращения Δx и Δy даны соответственно на правых и левых страницах.

Искомые приращения находят для значений углового аргумента, лежащих в пределах 0°—45°, пользуясь строкой минут, расположенной у верхнего края страницы (слева направо), а для аргументов в пределах 45—90°, пользуясь строкой минут, расположенной у нижнего края страницы, по направлению справа налево.

Приращения должны быть вычислены при помощи шестизначных тригонометрических таблиц и даны с тремя десятичными знаками. В строке „10“ приращения должны быть даны с четырьмя десятичными знаками, что обеспечит использование этой строки при длине сторон более 100 метров.

На каждой странице нужно также поместить по две таблички поправок на десятки секунд (так как при вычислении координат подземной съемки дирекционные углы рекомендуется округлять до десятков секунд) с двумя входами: а) табличные разности — в левом вертикальном столбце; б) десятки секунд — в горизонтальной строчке над поправками. Таким образом, в верхней табличке будут даны поправки на 10 и 20 секунд, в нижней — на 40 и 50 секунд. Поправок на 30 секунд в табличках нет, так как они легко находятся в уме (как половина табличной разности).

Предлагаемая компоновка таблиц позволит сократить объем их до 135—137 листов (270—275 стр.) при размерах листа примерно 25 × 33 сантиметра.

Ниже приводим пример на пользование представленными таблицами:

Пример. Длина линии $S = 25,172$ метра, дирекционный угол $\alpha = 44^\circ 43' 20''$.

По приведенной в приложении части таблиц находим:

	Δx	Δy
1. Для расстояния 25 метров и 44° 43'	17,765	17,590
2. Поправка на 20" для расстояния 25 м, (табл. разность — 5)	—1,7	+1,7
3. Для расстояния 0,17 м	0,1208	0,1196
4. Для расстояния 0,002 м	1,4	1,4
	$\Delta x = 17,885_5$	$\Delta y = 17,712_7$

Приведенный пример вычислений показывает, что с помощью данных таблиц приращений можно получить результат с точностью до миллиметров.

В заключение отметим, что такие таблицы могли бы с успехом быть использованы маркшейдерами для вычисления координат в тех случаях, когда воспользоваться тригонометрическими таблицами и арифмометром не представляется возможным, а также при производстве контрольных вычислений.