Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. L, вып. 2, 1966 г.

ТАБЛИЦЫ ЗНАЧЕНИЙ ФУНКЦИИ $F(\tau, \psi_0)$ ДЛЯ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ ПО ГАММА-КАРОТАЖУ

А. Г. Абазов

Известен оригинальный прием * расчета интенсивности гамма-излучения по оси скважины, пересекающей рудный пласт на основе кривой насыщения γ-активности, характеризующей увеличение интенсивности γ-излучения в центре пласта I_{max} с возрастанием мощности пласта H.

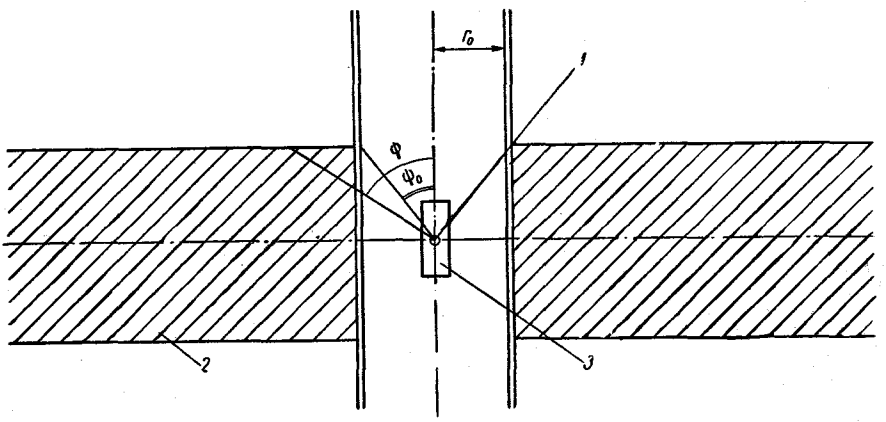


Рис. 1. К расчетной формуле:

1 — приемник лучей; *2* — рудный пласт переменной мощности; *3* — гильза каротажного прибора.

Для расчета кривой насыщения предлагается формула

$$I_{max} = I_{\infty}\left[\cos\psi_0 - \int_{\psi_0}^{\frac{\pi}{2}} e^{-\mu\left(\frac{H}{2}\sec\psi - r_0\,\mathrm{cosec}\,\psi\right)}\sin\psi\,d\psi\right],$$

где I_{∞} — интенсивность излучения пласта бесконечной (большой) мощности; r_0 — радиус скважины (рис. 1); μ — линейный коэффициент ослабления γ-лучей в руде, который находится в функциональной зависимости от плотности руды.

Формула содержит интеграл, который является неберущимся и вычисляется приближенным методом. Это обстоятельство затрудняет широкое выполнение расчетов ожидаемых аномальных эффектов по оси скважины.

В предлагаемых таблицах расчеты выполнены по формуле трапеций. Для удобства вычислений, по предложению А. М. Журавского,

* Алексеев В. В. (редактор). Радиометрические методы поисков и разведки урановых руд. Госгеолтехиздат, 1957.

τ	0°	3°	6°	9°	12°	15°	18°	21°	24°	27°	30°	33°	36°
0,1	0,7176	0,7201	0,7202	0,7177	0,7129	0,7056	0,6960	0,6840	0,6696	0,6530	0,6342	0,6132	0,5901
0,2	0,5723	0,5792	0,5838	0,5861	0,5860	0,5836	0,5788	0,5717	0,5624	0,5508	0,5371	0,5212	0,5033
0,3	0,4678	0,4778	0,4857	0,4913	0,4946	0,4956	0,4943	0,4908	0,4850	0,4770	0,4668	0,4546	0,4403
0,4	0,3883	0,4004	0,4106	0,4186	0,4244	0,4280	0,4293	0,4284	0,4253	0,4200	0,4126	0,4031	0,3915
0,5	0,3257	0,3393	0,3511	0,3609	0,3686	0,3741	0,3774	0,3785	0,3775	0,3743	0,3690	0,3616	0,3522
0,6	0,2753	0,2899	0,3028	0,3139	0,3230	0,3300	0,3348	0,3375	0,3381	0,3366	0,3330	0,3273	0,3197
0,7	0,2342	0,2492	0,2630	0,2750	0,2851	0,2932	0,2992	0,3032	0,3051	0,3249	0,3026	0,2984	0,2922
0,8	0,2001	0,2155	0,2297	0,2423	0,2531	0,2621	0,2691	0,2740	0,2769	0,2778	0,2767	0,2737	0,2687
0,9	0,1718	0,1871	0,2015	0,2145	0,2259	0,2355	0,2432	0,2489	0,2527	0,2545	0,2543	0,2522	0,2482
1,0	0,1479	0,1631	0,1776	0,1908	0,2025	0,2126	0,2208	0,2271	0,2316	0,2342	0,2347	0,2334	0,2303
1,1	0,1277	0,1426	0,1570	0,1703	0,1823	0,1926	0,2012	0,2081	0,2131	0,2162	0,2174	0,2168	0,2144
1,2	0,1106	0,1251	0,1393	0,1526	0,1646	0,1752	0,1841	0,1913	0,1967	0,2003	0,2021	0,2021	0,2003
1,3	0,0960	0,1100	0,1239	0,1371	0,1491	0,1598	0,1689	0,1764	0,1821	0,1861	0,1884	0,1889	0,1876
1,4	0,0835	0,0969	0,1105	0,1235	0,1355	0,1462	0,1554	0,1631	0,1691	0,1735	0,1761	0,1770	0,1762
1,5	0,0727	0,0856	0,0988	0,1116	0,1234	0,1341	0,1434	0,1512	0,1574	0,1620	0,1650	0,1662	0,1659
1,6	0,0635	0,0758	0,0886	0,1010	0,1127	0,1233	0,1326	0,1405	0,1469	0,1517	0,1549	0,1565	0,1565
1,7	0,0555	0,0672	0,0795	0,0917	0,1031	0,1136	0,1229	0,1309	0,1374	0,1423	0,1458	0,1476	0,1479
1,8	0,0486	0,0597	0,0715	0,0833	0,0946	0,1049	0,1142	0,1221	0,1287	0,1338	0,1374	0,1395	0,1400
1,9	0,0425	0,0531	0,0645	0,0759	0,0869	0,0971	0,1063	0,1142	0,1208	0,1260	0,1298	0,1320	0,1328
2,0	0,0373	0,0473	0,0582	0,0693	0,0800	0,0900	0,0991	0,1070	0,1136	0,1189	0,1227	0,1251	0,1261
2,1	0,0328	0,0422	0,0526	0,0634	0,0738	0,0836	0,0925	0,1004	0,1070	0,1123	0,1163	0,1188	0,1199
2,2	9,0288	0,0377	0,0477	0,0580	0,0682	0,0778	0,0866	0,0943	0,1009	0,1063	0,1103	0,1129	0,1142
2,3	0,0253	0,0337	0,0432	0,0532	0,0631	0,0725	0,0811	0,0888	0,0953	0,1007	0,1048	0,1075	0,1089
2,4	0,0223	0,0301	0,0393	0,0489	0,0585	0,0676	0,0761	0,0837	0,0902	0,0955	0,0996	0,1025	0,1040
2,5	0,0197	0,0270	0,0357	0,0450	0,0543	0,0632	0,0715	0,0789	0,0854	0,0907	0,0949	0,0978	0,0994
2,6	0,0173	0,0242	0,0325	0,0414	0,0504	0,0591	0,0673	0,0746	0,0810	0,0863	0,0904	0,0934	0,0951
2,7	0,0153	0,0218	0,0297	0,0382	0,0469	0,0554	0,0634	0,0706	0,0769	0,0821	0,0863	0,0893	0,0911
2,8	0,0135	0,0196	0,0271	0,0353	0,0437	0,0520	0,0597	0,0668	0,0730	0,0783	0,0824	0,0854	0,0873
2,9	0,0119	0,0176	0,0247	0,0326	0,0408	0,0488	0,0564	0,0634	0,0695	0,0747	0,0788	0,0818	0,0837
3,0	0,0106	0,0159	0,0226	0,0302	0,0381	0,0459	0,0533	0,0601	0,0662	0,0713	0,0754	0,0785	0,0804
3,1	0,0093	0,0143	0,0207	0,0280	0,0356	0,0432	0,0505	0,0571	0,0631	0,0681	0,0722	0,0753	0,0772
3,2	0,0083	0,0129	0,0190	0,0260	0,0334	0,0407	0,0478	0,0543	0,0602	0,0652	0,0692	0,0723	0,0743
3,3	0,0073	0,0116	0,0174	0,0242	0,0313	0,0384	0,0453	0,0517	0,0574	0,0624	0,0664	0,0695	0,0715
3,4	0,0065	0,0105	0,0160	0,0225	0,0293	0,0363	0,0430	0,0493	0,0549	0,0598	0,0637	0,0668	0,0688
3,5	0,0058	0,0095	0,0147	0,0209	0,0275	0,0343	0,0408	0,0470	0,0525	0,0573	0,0612	0,0643	0,0663
3,6	0,0051	0,0086	0,0136	0,0195	0,0259	0,0324	0,0388	0,0448	0,0502	0,0550	0,0589	0,0619	0,0640
3,7	0,0045	0,0078	0,0125	0,0182	0,0244	0,0307	0,0369	0,0428	0,0481	0,0528	0,0566	0,0596	0,0617
3,8	0,0040	0,0071	0,0115	0,0170	0,0229	0,0291	0,0352	0,0409	0,0461	0,0507	0,0545	0,0575	0,0596
3,9	0,0036	0,0064	0,0106	0,0159	0,0216	0,0276	0,0335	0,0391	0,0442	0,0487	0,0525	0,0555	0,0575
4,0	0,0032	0,0058	0,0098	0,0148	0,0204	0,0262	0,0319	0,0374	0,0425	0,0469	0,0506	0,0535	0,0556
4,1	0,0028	0,0053	0,0091	0,0139	0,0193	0,0249	0,0305	0,0358	0,0408	0,0451	0,0488	0,0517	0,0538
4,2	0,0025	0,0048	0,0084	0,0130	0,0182	0,0237	0,0291	0,0343	0,0392	0,0435	0,0471	0,0499	0,0520
4,3	0,0022	0,0044	0,0078	0,0122	0,0172	0,0225	0,0278	0,0329	0,0377	0,0419	0,0454	0,0483	0,0503
4,4	0,0020	0,0040	0,0072	0,0114	0,0163	0,0214	0,0266	0,0316	0,0362	0,0404	0,0439	0,0467	0,0487
4,5	0,0018	0,0036	0,0067	0,0107	0,0154	0,0204	0,0255	0,0303	0,0349	0,0389	0,0424	0,0452	0,0472
4,6	0,0016	0,0033	0,0062	0,0101	0,0146	0,0195	0,0244	0,0291	0,0336	0,0376	0,0410	0,0437	0,0457
4,7	0,0014	0,0030	0,0058	0,0095	0,0139	0,0186	0,0233	0,0280	0,0324	0,0363	0,0396	0,0424	0,0444
4,8	0,0012	0,0027	0,0054	0,0089	0,0132	0,0177	0,0224	0,0269	0,0312	0,0351	0,0384	0,0410	0,0430
4,9	0,0011	0,0025	0,0050	0,0084	0,0125	0,0169	0,0215	0,0259	0,0301	0,0339	0,0371	0,0398	0,0417
5,0	0,0010	0,0023	0,0047	0,0079	0,0119	0,0162	0,0206	0,0249	0,0290	0,0328	0,0360	0,0386	0,0405

ния функции $F(\tau, \psi_0)$

39°	42°	45°	48°	51°	54°	57°	60°	63°	66°	69°	72°	75°	78°
0,5650	0,5379	0,5090	0,4783	0,4459	0,4119	0,3763	0,3394	0,3010	0,2615	0,2207	0,1787	0,1357	0,0915
0,4834	0,4616	0,4380	0,4126	0,3856	0,3570	0,3270	0,2955	0,2628	0,2288	0,1936	0,1573	0,1198	0,0811
0,4241	0,4060	0,3860	0,3644	0,3411	0,3163	0,2901	0,2625	0,2337	0,2037	0,1725	0,1403	0,1070	0,0725
0,3781	0,3627	0,3456	0,3268	0,3063	0,2844	0,2611	0,2364	0,2106	0,1836	0,1555	0,1265	0,0964	0,0653
0,3409	0,3278	0,3129	0,2963	0,2781	0,2585	0,2374	0,2151	0,1916	0,1670	0,1414	0,1149	0,0875	0,0592
0,3102	0,2988	0,2857	0,2709	0,2546	0,2368	0,2176	0,1972	0,1757	0,1531	0,1295	0,1051	0,0799	0,0539
0,2842	0,2743	0,2627	0,2494	0,2346	0,2184	0,2008	0,1820	0,1621	0,1411	0,1193	0,0967	0,0734	0,0494
0,2618	0,2532	0,2428	0,2309	0,2174	0,2025	0,1862	0,1688	0,1503	0,1308	0,1104	0,0894	0,0677	0,0454
0,2424	0,2348	0,2256	0,2147	0,2024	0,1886	0,1735	0,1573	0,1399	0,1217	0,1026	0,0829	0,0626	0,0419
0,2254	0,2187	0,2104	0,2005	0,1891	0,1763	0,1623	0,1471	0,1308	0,1136	0,0957	0,0772	0,0581	0,0388
0,2103	0,2044	0,1969	0,1878	0,1773	0,1654	0,1523	0,1380	0,1227	0,1065	0,0896	0,0720	0,0541	0,0360
0,1968	0,1916	0,1848	0,1765	0,1668	0,1557	0,1433	0,1298	0,1154	0,1000	0,0840	0,0674	0,0505	0,0335
0,1847	0,1801	0,1740	0,1663	0,1572	0,1468	0,1352	0,1225	0,1088	0,0942	0,0790	0,0633	0,0473	0,0313
0,1738	0,1697	0,1641	0,1571	0,1486	0,1388	0,1279	0,1158	0,1028	0,0890	0,0745	0,0595	0,0444	0,0292
0,1639	0,1603	0,1552	0,1487	0,1407	0,1316	0,1212	0,1097	0,0974	0,0842	0,0703	0,0561	0,0417	0,0274
0,1548	0,1517	0,1470	0,1410	0,1336	0,1249	0,1151	0,1042	0,0924	0,0798	0,0666	0,0530	0,0392	0,0257
0,1466	0,1438	0,1396	0,1339	0,1270	0,1188	0,1094	0,0990	0,0878	0,0757	0,0631	0,0501	0,0370	0,0227
0,1390	0,1366	0,1327	0,1274	0,1209	0,1131	0,1042	0,0943	0,0835	0,0720	0,0599	0,0474	0,0349	0,0214
0,1321	0,1299	0,1263	0,1214	0,1153	0,1079	0,0994	0,0900	0,0796	0,0686	0,0570	0,0450	0,0330	0,0202
0,1256	0,1237	0,1205	0,1159	0,1100	0,1030	0,0950	0,0859	0,0760	0,0654	0,0542	0,0427	0,0312	0,0190
0,1197	0,1180	0,1150	0,1107	0,1052	0,0985	0,0908	0,0821	0,0726	0,0624	0,0517	0,0406	0,0296	0,0180
0,1141	0,1127	0,1099	0,1059	0,1007	0,0943	0,0869	0,0786	0,0695	0,0596	0,0493	0,0387	0,0281	0,0170
0,1090	0,1078	0,1052	0,1014	0,0965	0,0904	0,0833	0,0753	0,0665	0,0571	0,0471	0,0369	0,0267	0,0162
0,1042	0,1031	0,1008	0,0972	0,0925	0,0867	0,0799	0,0722	0,0638	0,0546	0,0450	0,0352	0,0254	0,0153
0,0997	0,0988	0,0967	0,0933	0,0888	0,0833	0,0768	0,0693	0,0612	0,0524	0,0431	0,0336	0,0242	0,0145
0,0955	0,0948	0,0928	0,0896	0,0854	0,0800	0,0738	0,0666	0,0587	0,0502	0,0413	0,0321	0,0231	0,0138
0,0916	0,0910	0,0891	0,0862	0,0821	0,0770	0,0710	0,0641	0,0565	0,0482	0,0396	0,0308	0,0220	0,0131
0,0879	0,0874	0,0857	0,0829	0,0790	0,0741	0,0683	0,0617	0,0543	0,0464	0,0380	0,0294	0,0210	0,0125
0,0845	0,0840	0,0825	0,0798	0,0761	0,0714	0,0658	0,0594	0,0523	0,0446	0,0365	0,0282	0,0201	0,0119
0,0812	0,0809	0,0794	0,0769	0,0734	0,0688	0,0634	0,0572	0,0503	0,0429	0,0351	0,0271	0,0192	0,0114
0,0781	0,0779	0,0765	0,0742	0,0708	0,0664	0,0612	0,0552	0,0485	0,0413	0,0337	0,0260	0,0184	0,0108
0,0752	0,0750	0,0738	0,0716	0,0683	0,0641	0,0591	0,0533	0,0468	0,0398	0,0324	0,0249	0,0176	0,0103
0,0725	0,0724	0,0712	0,0691	0,0660	0,0619	0,0571	0,0514	0,0451	0,0384	0,0312	0,0240	0,0169	0,0099
0,0698	0,0698	0,0688	0,0667	0,0638	0,0599	0,0551	0,0497	0,0436	0,0370	0,0301	0,0230	0,0162	0,0094
0,0674	0,0674	0,0665	0,0645	0,0616	0,0579	0,0533	0,0480	0,0421	0,0357	0,0290	0,0222	0,0155	0,0090
0,0650	0,0651	0,0642	0,0624	0,0596	0,0560	0,0516	0,0464	0,0407	0,0345	0,0280	0,0213	0,0149	0,0086
0,0628	0,0630	0,0621	0,0604	0,0577	0,0542	0,0499	0,0449	0,0394	0,0333	0,0270	0,0206	0,0143	0,0083
0,0607	0,0609	0,0601	0,0585	0,0559	0,0525	0,0483	0,0435	0,0381	0,0322	0,0261	2,0198	0,0138	0,0079
0,0587	0,0589	0,0582	0,0566	0,0542	0,0509	0,0468	0,0421	0,0369	0,0312	0,0252	0,0191	0,0132	0,0076
0,0568	0,0570	0,0564	0,0549	0,0525	0,0493	0,0454	0,0408	0,0357	0,0301	0,0243	0,0184	0,0127	0,0073
0,0549	0,0553	0,0547	0,0532	0,0509	0,0478	0,0440	0,0396	0,0346	0,0292	0,0235	0,0178	0,0123	0,0070
0,0532	0,0535	0,0530	0,0516	0,0494	0,0464	0,0427	0,0384	0,0335	0,0282	0,0227	0,0172	0,0118	0,0067
0,0515	0,0519	0,0514	0,0501	0,0479	0,0450	0,0414	0,0372	0,0325	0,0274	0,0220	0,0166	0,0114	0,0064
0,0500	0,0503	0,0499	0,0486	0,0466	0,0437	0,0402	0,0361	0,0315	0,0265	0,0213	0,0160	0,0110	0,0062
0,0484	0,0488	0,0484	0,0472	0,0452	0,0425	0,0391	0,0351	0,0306	0,0257	0,0206	0,0155	0,0106	0,0060
0,0470	0,0474	0,0470	0,0459	0,0439	0,0413	0,0380	0,0341	0,0297	0,0249	0,0200	0,0150	0,0102	0,0057
0,0456	0,0460	0,0457	0,0446	0,0427	0,0401	0,0369	0,0331	0,0288	0,0242	0,0193	0,0145	0,0098	0,0055
0,0442	0,0447	0,0444	0,0433	0,0415	0,0390	0,0359	0,0322	0,0280	0,0235	0,0187	0,0140	0,0095	0,0053
0,0430	0,0435	0,0432	0,0421	0,0404	0,0380	0,0349	0,0313	0,0272	0,0228	0,0182	0,0136	0,0092	0,0051
0,0417	0,0422	0,0420	0,0410	0,0393	0,0369	0,0339	0,0304	0,0264	0,0221	0,0176	0,0131	0,0089	0,0050

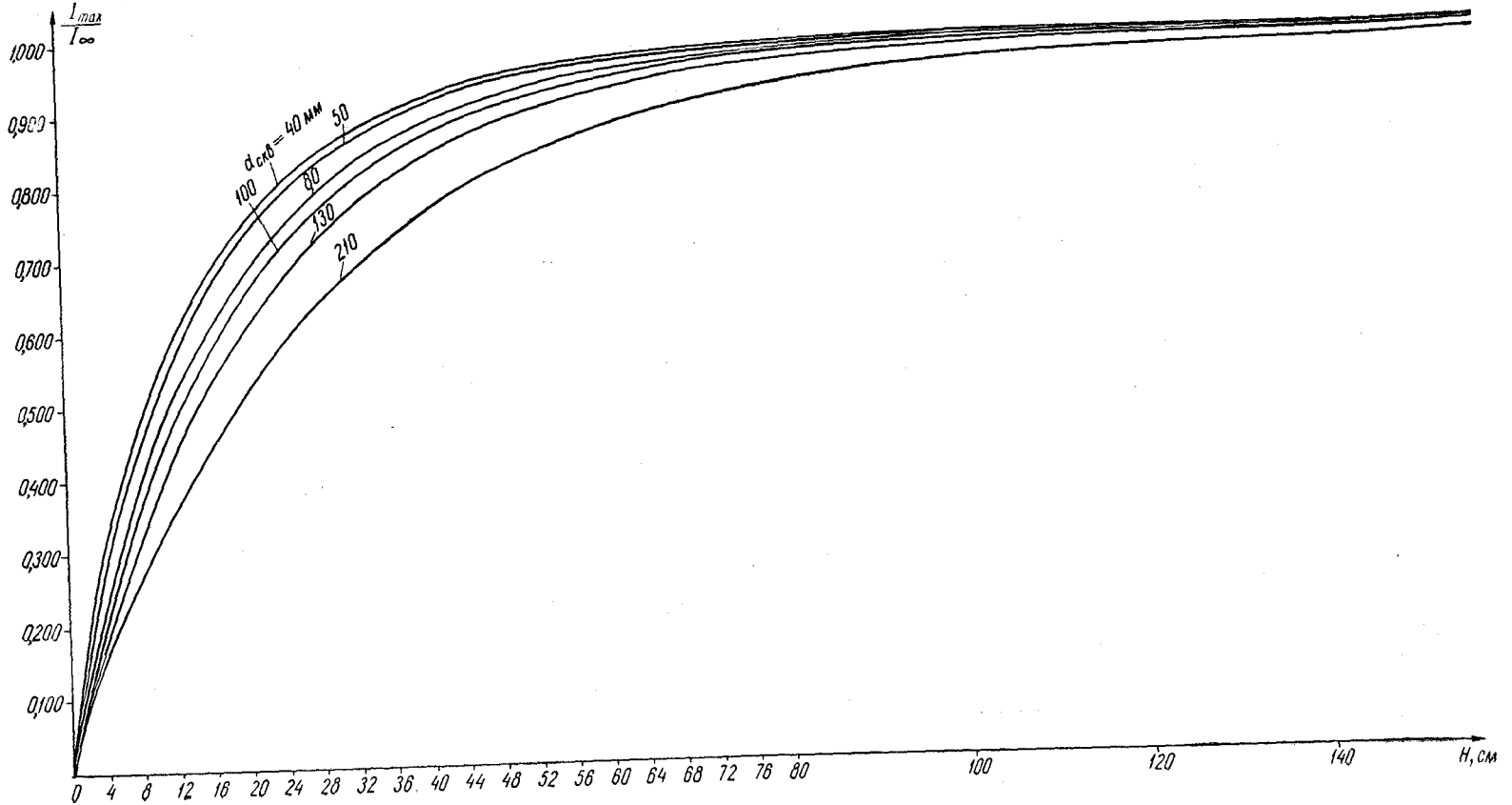


Рис. 2. Кривые насыщения интенсивности γ-излучения.

подынтегральная функция преобразована введением новых параметров τ и ψ_0 вместо прежних μ, H, r_0, в предположении

$$\mu \frac{H}{2} = \tau \cos \psi_0,$$

$$\mu r_0 = \tau \sin \psi_0,$$

откуда

$$\tau = \mu \sqrt{\frac{H^2}{4} + r_0^2},$$

$$\psi_0 = \operatorname{arctg} \frac{2r_0}{H}.$$

Искомый неберущийся интеграл принимает вид

$$\int_{\psi_0}^{\frac{\pi}{2}} e^{-\mu \left(\frac{H}{2} \sec \psi - r_0 \operatorname{cosec} \psi\right)} \sin \psi \, d\psi = \int_{\psi_0}^{\frac{\pi}{2}} e^{-\tau (\cos \psi_0 \sec \psi - \sin \psi_0 \operatorname{cosec} \psi)} \sin \psi \, d\psi =$$

$$= \int_{\psi_0}^{\frac{\pi}{2}} e^{-\tau \frac{\sin (\psi - \psi_0)}{\sin 2\psi}} \sin \psi \, d\psi = F(\tau, \psi_0).$$

Таблицы значений функции $F(\tau, \psi_0)$ составлены для широкого диапазона значений μ, H, r_0 (соответственно τ и ψ_0). Значения τ взяты от 0 до 5 с интервалом 0,01, а значения ψ_0 — от 0 до 78° с интервалом 3°.

На рис. 2 приведены кривые насыщения $I_{\max}(\mu, H, r_0)$, рассчитанные по предлагаемым таблицам для скважин диаметром 40, 50, 80, 100, 130, 210 *мм*, при соблюдении следующих условий: $\mu = 0{,}86$ *см*; плотности руды $\varrho = 2{,}72$ *г/см*^{3}; $\frac{\mu}{\varrho} = 0{,}032$ *см*^{2}*/г*, в скважине воздух, ослабление в руде и вмещающих породах одинаково. Расчеты выполнены Б. И. Воеводой.

Таблицы составлены по предложению Г. Ф. Новикова, в их составлении принимали участие А. Е. Виноградова, В. И. Политова, О. Е. Удалова, Л. В. Николаева, Н. Н. Ольховикова, Ю. В. Адаменко.