



**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)»  
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)**

---

**ФАКУЛЬТЕТ «Информатика и системы управления» (ИУ)**

**КАФЕДРА «Информационная безопасность» (ИУ8)**

**Отчёт**

по лабораторной работе № 3  
по дисциплине «Теория систем и системный анализ»

**Тема: «Исследование алгоритма имитации отжига»**

Вариант 7

Выполнила: Кидинова Д.Д.,  
студент группы ИУ8-31

Проверила: Коннова Н.С.,  
доцент каф. ИУ8

г. Москва,  
2020 г.

## Цель работы

Изучение метода имитации отжига для поиска экстремума на примере унимодальной и мультимодальной функций одного переменного.

## Условие задачи

1. На интервале  $[1,4]$  задана унимодальная функция одного переменного

$$f(x) = -\sqrt{x} \sin(x) + 2$$

Используя метод имитации отжига осуществить поиск минимума  $f(x)$ .

2. При аналогичных исходных условиях осуществить поиск минимума  $f(x)$ , модулированной сигналом  $\sin(5x)$ , т.е. мультимодальной функции  $f(x)\sin(5x)$ .

Алгоритм имитации отжига:

1. Изначально задаются начальная температура  $T_{max}$  и конечная температура  $T_{min}$ .
2. Случайно выбирается точка  $x_i$  на отрезке. Вычисляется значение функции в этой точке  $f(x_i)$ .
3. Пока
  - 1) Случайно выбирается точка  $x_i$  на отрезке. Вычисляется значение функции в этой точке  $f(x_i)$ .
  - 2) Определяется  $\Delta f = f(x_i) - f(x_{i-1})$
  - 3) Если  $\Delta f \leq 0$ , то осуществляется переход в точку  $x_i$
  - 4) Если  $\Delta f > 0$ , то переход осуществляется с вероятностью  $P(\Delta f) = e^{\frac{-\Delta f}{T_i}}$
  - 5) Понижение температуры:  $T_{i+1} = T_i \cdot 0,95$

В качестве начальной температуры возьмем  $T_{max} = 10\,000$ , конечной -  $T_{min} = 0,01$

## Графики заданных функций

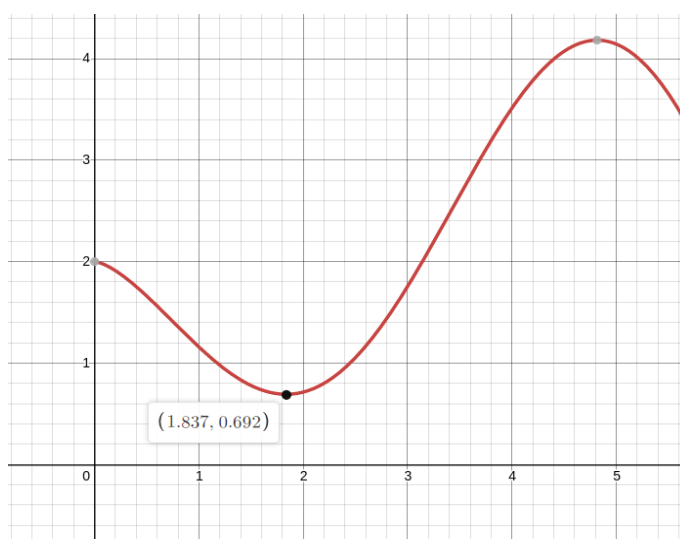


Рисунок 1 - График унимодальной функции  $y = -\sqrt{x} \cdot \sin(x) + 2$  на  $[1; 4]$

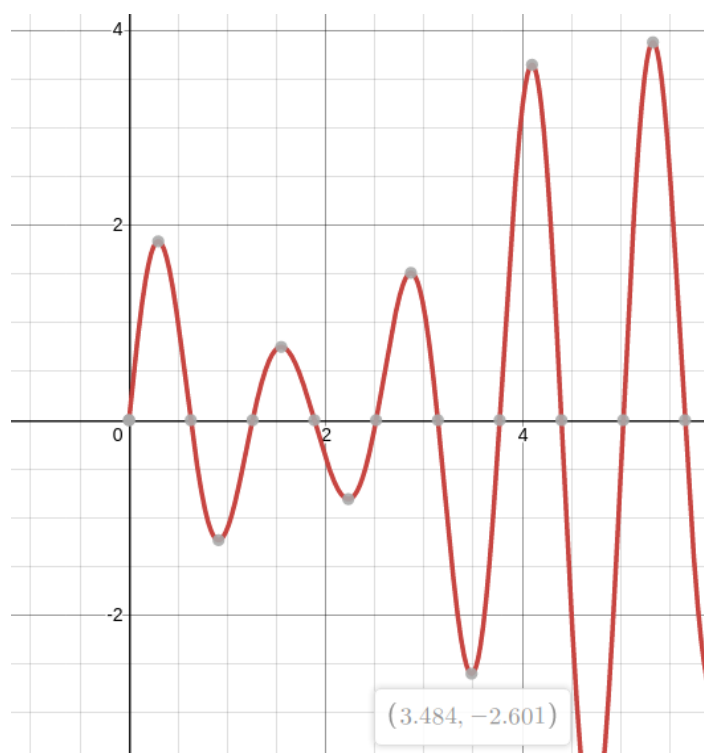


Рисунок 2 - График мультимодальной функции  $y = (-\sqrt{x} \cdot \sin(x) + 2) \cdot \sin(5x)$  на  $[1, 4]$

Part 1. Search for the extremum of a unimodal function  $f(x)$  :

N	T	x	$f(x)$
1	10000.000	1.894	0.695
2	9500.000	2.271	0.848
3	9025.000	1.218	0.965
4	8573.750	2.047	0.728
5	8145.062	1.343	0.871
6	7737.809	1.346	0.869
7	7350.919	3.179	2.067
8	6983.373	3.476	2.613
9	6634.204	3.180	2.069
10	6302.494	2.849	1.514
11	5987.369	2.900	1.593
12	5688.001	1.889	0.695
13	5403.601	3.808	3.207
14	5133.421	3.260	2.214
15	4876.750	3.625	2.885
16	4632.912	3.301	2.288
17	4401.267	1.139	1.030
18	4181.203	1.121	1.047
19	3972.143	3.461	2.583
20	3773.536	2.632	1.208
21	3584.859	3.193	2.092
22	3405.616	2.898	1.590
23	3235.335	2.253	0.835
24	3073.569	2.446	0.998
25	2919.890	2.678	1.269
26	2773.896	2.038	0.726
27	2635.201	3.408	2.485
28	2503.441	3.809	3.209
29	2378.269	1.483	0.787
30	2259.355	1.298	0.903
31	2146.388	3.962	3.456
32	2039.068	2.296	0.866
33	1937.115	1.287	0.911
34	1840.259	1.495	0.781
35	1748.246	3.947	3.432
36	1660.834	2.070	0.737
37	1577.792	3.662	2.951
38	1498.903	1.197	0.982
39	1423.957	3.536	2.723
40	1352.760	2.472	1.024
41	1285.122	1.173	1.002
42	1220.865	3.600	2.839
43	1159.822	3.611	2.860
44	1101.831	1.479	0.789
45	1046.740	1.938	0.701
46	994.403	1.459	0.800
47	944.682	2.263	0.842
48	897.448	3.436	2.539
49	852.576	3.479	2.617

50	809.947	2.543	1.101
51	769.450	1.569	0.747
52	730.977	3.516	2.685
53	694.428	1.187	0.990
54	659.707	3.382	2.438
55	626.722	1.212	0.969
56	595.386	2.819	1.468
57	565.616	3.143	2.002
58	537.335	3.113	1.950
59	510.469	1.387	0.842
60	484.945	3.735	3.081
61	460.698	2.887	1.572
62	437.663	1.449	0.805
63	415.780	1.194	0.984
64	394.991	2.074	0.738
65	375.241	2.410	0.963
66	356.479	3.096	1.919
67	338.655	1.996	0.713
68	321.723	3.961	3.454
69	305.636	3.602	2.844
70	290.355	3.649	2.929
71	275.837	1.313	0.892
72	262.045	3.970	3.468
73	248.943	1.508	0.775
74	236.496	3.927	3.402
75	224.671	2.688	1.282
76	213.437	2.191	0.795
77	202.765	3.971	3.469
78	192.627	1.910	0.697
79	182.996	2.396	0.949
80	173.846	3.424	2.516
81	165.154	3.139	1.995
82	156.896	3.486	2.629
83	149.051	3.871	3.312
84	141.599	2.180	0.789
85	134.519	1.332	0.879
86	127.793	1.765	0.696
87	121.403	2.737	1.348
88	115.333	1.173	1.001
89	109.566	3.997	3.509
90	104.088	2.930	1.640
91	98.884	3.884	3.332
92	93.939	2.073	0.738
93	89.242	2.087	0.743
94	84.780	2.393	0.948
95	80.541	1.902	0.696
96	76.514	3.673	2.971
97	72.689	3.882	3.329
98	69.054	1.615	0.731
99	65.601	1.177	0.998
100	62.321	1.890	0.695
101	59.205	2.764	1.387

102	56.245	3.246	2.188
103	53.433	2.397	0.951
104	50.761	2.598	1.167
105	48.223	1.711	0.705
106	45.812	2.712	1.314
107	43.521	1.280	0.916
108	41.345	3.921	3.392
109	39.278	3.023	1.794
110	37.314	1.615	0.731
111	35.448	1.325	0.884
112	33.676	1.596	0.737
113	31.992	3.319	2.321
114	30.393	1.338	0.874
115	28.873	3.417	2.502
116	27.429	3.062	1.861
117	26.058	3.833	3.248
118	24.755	2.327	0.890
119	23.517	1.888	0.694
120	22.341	1.237	0.949
121	21.224	2.234	0.822
122	20.163	1.664	0.716
123	19.155	2.785	1.418
124	18.197	1.034	1.126
125	17.287	1.804	0.693
126	16.423	1.985	0.710
127	15.602	1.258	0.933
128	14.822	2.737	1.349
129	14.081	1.490	0.783
130	13.377	1.453	0.803
131	12.708	1.453	0.803
132	12.072	2.331	0.893
133	11.469	3.797	3.187
134	10.895	2.135	0.765
135	10.351	2.170	0.783
136	9.833	3.075	1.884
137	9.341	1.434	0.814
138	8.874	3.080	1.891
139	8.431	1.145	1.026
140	8.009	3.380	2.434
141	7.609	1.479	0.789
142	7.228	2.801	1.442
143	6.867	2.260	0.839
144	6.523	3.644	2.919
145	6.197	1.236	0.950
146	5.887	1.236	0.950
147	5.593	2.880	1.561
148	5.313	3.013	1.778
149	5.048	2.001	0.714
150	4.795	3.891	3.343
151	4.556	3.178	2.065
152	4.328	2.605	1.175
153	4.111	2.012	0.717

154	3.906	2.972	1.710
155	3.711	2.267	0.845
156	3.525	1.600	0.736
157	3.349	1.266	0.926
158	3.181	1.224	0.960
159	3.022	1.300	0.901
160	2.871	2.581	1.145
161	2.728	1.704	0.706
162	2.591	1.700	0.707
163	2.462	2.368	0.925
164	2.339	1.929	0.699
165	2.222	1.251	0.938
166	2.111	1.267	0.926
167	2.005	2.524	1.079
168	1.905	2.524	1.079
169	1.810	2.004	0.715
170	1.719	2.286	0.859
171	1.633	2.456	1.008
172	1.551	2.490	1.043
173	1.474	2.122	0.759
174	1.400	3.477	2.613
175	1.330	2.911	1.610
176	1.264	1.460	0.799
177	1.200	1.490	0.784
178	1.140	1.099	1.067
179	1.083	2.393	0.947
180	1.029	1.141	1.029
181	0.978	2.495	1.049
182	0.929	2.330	0.893
183	0.882	2.404	0.958
184	0.838	2.404	0.958
185	0.796	1.595	0.737
186	0.757	1.595	0.737
187	0.719	3.127	1.974
188	0.683	3.127	1.974
189	0.649	1.721	0.703
190	0.616	2.180	0.789
191	0.585	1.602	0.735
192	0.556	1.602	0.735
193	0.528	2.093	0.746
194	0.502	2.093	0.746
195	0.477	2.433	0.985
196	0.453	2.433	0.985
197	0.430	2.112	0.754
198	0.409	2.112	0.754
199	0.388	2.171	0.784
200	0.369	2.171	0.784
201	0.351	1.366	0.856
202	0.333	1.366	0.856
203	0.316	1.366	0.856
204	0.301	1.604	0.734
205	0.286	1.604	0.734

206	0.271	1.604	0.734
207	0.258	1.604	0.734
208	0.245	2.171	0.784
209	0.233	2.377	0.933
210	0.221	2.377	0.933
211	0.210	2.377	0.933
212	0.199	1.969	0.706
213	0.189	1.969	0.706
214	0.180	1.969	0.706
215	0.171	1.969	0.706
216	0.162	1.969	0.706
217	0.154	1.969	0.706
218	0.147	1.969	0.706
219	0.139	1.642	0.722
220	0.132	1.642	0.722
221	0.126	1.642	0.722
222	0.119	1.642	0.722
223	0.113	1.642	0.722
224	0.108	1.642	0.722
225	0.102	1.642	0.722
226	0.097	1.642	0.722
227	0.092	1.884	0.694
228	0.088	1.884	0.694
229	0.083	1.884	0.694
230	0.079	1.884	0.694
231	0.075	1.884	0.694
232	0.071	1.430	0.816
233	0.068	1.430	0.816
234	0.065	1.430	0.816
235	0.061	1.430	0.816
236	0.058	1.430	0.816
237	0.055	1.667	0.715
238	0.053	1.667	0.715
239	0.050	1.667	0.715
240	0.047	1.833	0.692
241	0.045	1.833	0.692
242	0.043	1.833	0.692
243	0.041	1.833	0.692
244	0.039	1.833	0.692
245	0.037	1.833	0.692
246	0.035	1.833	0.692
247	0.033	1.833	0.692
248	0.031	1.833	0.692
249	0.030	1.833	0.692
250	0.028	1.833	0.692
251	0.027	1.833	0.692
252	0.026	1.833	0.692
253	0.024	1.833	0.692
254	0.023	1.833	0.692
255	0.022	1.833	0.692
256	0.021	1.833	0.692
257	0.020	1.833	0.692



258	0.019	1.833	0.692
259	0.018	1.833	0.692
260	0.017	1.833	0.692
261	0.016	1.833	0.692
262	0.015	1.833	0.692
263	0.015	1.833	0.692
264	0.014	1.833	0.692
265	0.013	1.833	0.692
266	0.012	1.833	0.692
267	0.012	1.833	0.692
268	0.011	1.833	0.692
269	0.011	1.833	0.692
270	0.010	1.833	0.692

Result for function  $-\sqrt{x} \sin(x) + 2$  :

Xmin = 1.833 Fmin = 0.692

Part 2. Search for the extremum of a multimodal function  $f(x) * \sin(5x)$  :

N	T	x	f(x)
1	10000.000	2.291	-0.772
2	9500.000	1.540	0.751
3	9025.000	1.623	0.704
4	8573.750	3.622	-1.937
5	8145.062	1.680	0.608
6	7737.809	2.206	-0.804
7	7350.919	2.039	-0.506
8	6983.373	1.304	0.209
9	6634.204	2.697	1.027
10	6302.494	3.654	-1.607
11	5987.369	2.408	-0.484
12	5688.001	1.373	0.468
13	5403.601	3.763	-0.103
14	5133.421	1.868	0.060
15	4876.750	1.321	0.280
16	4632.912	3.477	-2.599
17	4401.267	3.405	-2.399
18	4181.203	3.704	-0.973
19	3972.143	2.447	-0.325
20	3773.536	3.372	-2.213
21	3584.859	3.587	-2.230
22	3405.616	1.011	-1.081
23	3235.335	2.457	-0.280
24	3073.569	2.506	-0.040
25	2919.890	1.655	0.656
26	2773.896	3.806	0.581
27	2635.201	3.930	2.438
28	2503.441	2.891	1.500
29	2378.269	1.761	0.406
30	2259.355	2.509	-0.022
31	2146.388	2.347	-0.670
32	2039.068	2.275	-0.790
33	1937.115	2.695	1.020

34	1840.259	3.075	0.612
35	1748.246	3.597	-2.158
36	1660.834	2.115	-0.691
37	1577.792	1.356	0.411
38	1498.903	1.411	0.578
39	1423.957	1.187	-0.339
40	1352.760	3.729	-0.618
41	1285.122	3.402	-2.386
42	1220.865	2.407	-0.486
43	1159.822	3.520	-2.557
44	1101.831	1.534	0.749
45	1046.740	2.267	-0.796
46	994.403	2.486	-0.142
47	944.682	1.212	-0.213
48	897.448	1.997	-0.380
49	852.576	2.063	-0.570
50	809.947	2.060	-0.563
51	769.450	1.477	0.705
52	730.977	3.181	-0.401
53	694.428	1.494	0.725
54	659.707	3.308	-1.703
55	626.722	3.253	-1.160
56	595.386	2.489	-0.126
57	565.616	3.758	-0.193
58	537.335	1.693	0.580
59	510.469	3.690	-1.165
60	484.945	2.455	-0.287
61	460.698	3.253	-1.167
62	437.663	1.653	0.658
63	415.780	1.242	-0.067
64	394.991	3.098	0.415
65	375.241	3.629	-1.870
66	356.479	2.936	1.414
67	338.655	3.192	-0.526
68	321.723	1.013	-1.076
69	305.636	2.741	1.228
70	290.355	2.459	-0.272
71	275.837	2.116	-0.692
72	262.045	3.149	-0.077
73	248.943	2.902	1.486
74	236.496	2.796	1.416
75	224.671	3.918	2.281
76	213.437	2.579	0.368
77	202.765	3.816	0.729
78	192.627	3.971	2.926
79	182.996	1.482	0.711
80	173.846	1.172	-0.414
81	165.154	2.075	-0.601
82	156.896	2.167	-0.772
83	149.051	3.545	-2.471
84	141.599	3.801	0.498
85	134.519	1.818	0.229

86	127.793	1.793	0.309
87	121.403	3.140	0.015
88	115.333	1.304	0.211
89	109.566	3.742	-0.429
90	104.088	2.443	-0.343
91	98.884	1.510	0.738
92	93.939	3.310	-1.722
93	89.242	3.310	-1.722
94	84.780	2.773	1.348
95	80.541	2.905	1.481
96	76.514	2.214	-0.807
97	72.689	3.452	-2.566
98	69.054	3.708	-0.919
99	65.601	1.589	0.737
100	62.321	3.203	-0.634
101	59.205	2.721	1.143
102	56.245	1.571	0.747
103	53.433	2.864	1.511
104	50.761	1.658	0.650
105	48.223	1.988	-0.350
106	45.812	1.200	-0.273
107	43.521	1.891	-0.023
108	41.345	3.904	2.095
109	39.278	3.047	0.838
110	37.314	1.581	0.742
111	35.448	3.286	-1.490
112	33.676	3.476	-2.599
113	31.992	2.606	0.526
114	30.393	3.709	-0.910
115	28.873	1.655	0.656
116	27.429	1.377	0.481
117	26.058	3.486	-2.600
118	24.755	3.053	0.791
119	23.517	2.066	-0.579
120	22.341	1.620	0.707
121	21.224	2.926	1.441
122	20.163	1.019	-1.058
123	19.155	1.019	-1.058
124	18.197	1.252	-0.022
125	17.287	1.291	0.155
126	16.423	2.775	1.356
127	15.602	1.428	0.617
128	14.822	2.957	1.343
129	14.081	2.949	1.373
130	13.377	1.691	0.585
131	12.708	3.718	-0.783
132	12.072	3.718	-0.783
133	11.469	3.611	-2.039
134	10.895	3.828	0.929
135	10.351	3.387	-2.302
136	9.833	1.938	-0.182
137	9.341	1.198	-0.283

138	8.874	1.198	-0.283
139	8.431	2.469	-0.223
140	8.009	2.781	1.374
141	7.609	3.838	1.091
142	7.228	2.949	1.371
143	6.867	2.944	1.388
144	6.523	3.886	1.824
145	6.197	3.539	-2.493
146	5.887	1.263	0.030
147	5.593	1.849	0.125
148	5.313	3.497	-2.595
149	5.048	1.171	-0.419
150	4.795	3.078	0.587
151	4.556	2.086	-0.627
152	4.328	3.448	-2.559
153	4.111	3.996	3.170
154	3.906	1.012	-1.078
155	3.711	3.567	-2.362
156	3.525	1.600	0.728
157	3.349	1.172	-0.414
158	3.181	3.023	1.004
159	3.022	1.606	0.722
160	2.871	3.186	-0.456
161	2.728	3.534	-2.515
162	2.591	3.534	-2.515
163	2.462	3.534	-2.515
164	2.339	2.357	-0.644
165	2.222	2.357	-0.644
166	2.111	1.041	-0.987
167	2.005	1.041	-0.987
168	1.905	1.904	-0.065
169	1.810	1.839	0.157
170	1.719	3.366	-2.172
171	1.633	3.366	-2.172
172	1.551	3.551	-2.443
173	1.474	3.551	-2.443
174	1.400	3.551	-2.443
175	1.330	3.551	-2.443
176	1.264	3.542	-2.481
177	1.200	3.542	-2.481
178	1.140	3.542	-2.481
179	1.083	3.542	-2.481
180	1.029	3.542	-2.481
181	0.978	3.542	-2.481
182	0.929	3.542	-2.481
183	0.882	3.327	-1.866
184	0.838	3.327	-1.866
185	0.796	3.327	-1.866
186	0.757	3.327	-1.866
187	0.719	3.327	-1.866
188	0.683	3.489	-2.600
189	0.649	3.489	-2.600

190	0.616	3.489	-2.600
191	0.585	3.506	-2.584
192	0.556	3.506	-2.584
193	0.528	3.423	-2.481
194	0.502	3.423	-2.481
195	0.477	3.423	-2.481
196	0.453	3.423	-2.481
197	0.430	3.423	-2.481
198	0.409	3.423	-2.481
199	0.388	3.423	-2.481
200	0.369	3.423	-2.481
201	0.351	3.423	-2.481
202	0.333	3.423	-2.481
203	0.316	3.423	-2.481
204	0.301	3.423	-2.481
205	0.286	3.423	-2.481
206	0.271	3.498	-2.594
207	0.258	3.498	-2.594
208	0.245	3.498	-2.594
209	0.233	3.498	-2.594
210	0.221	3.498	-2.594
211	0.210	3.498	-2.594
212	0.199	3.498	-2.594
213	0.189	3.498	-2.594
214	0.180	3.498	-2.594
215	0.171	3.498	-2.594
216	0.162	3.490	-2.599
217	0.154	3.490	-2.599
218	0.147	3.490	-2.599
219	0.139	3.490	-2.599
220	0.132	3.490	-2.599
221	0.126	3.490	-2.599
222	0.119	3.490	-2.599
223	0.113	3.490	-2.599
224	0.108	3.490	-2.599
225	0.102	3.490	-2.599
226	0.097	3.490	-2.599
227	0.092	3.490	-2.599
228	0.088	3.490	-2.599
229	0.083	3.496	-2.595
230	0.079	3.496	-2.595
231	0.075	3.496	-2.595
232	0.071	3.496	-2.595
233	0.068	3.496	-2.595
234	0.065	3.496	-2.595
235	0.061	3.496	-2.595
236	0.058	3.496	-2.595
237	0.055	3.496	-2.595
238	0.053	3.496	-2.595
239	0.050	3.496	-2.595
240	0.047	3.496	-2.595
241	0.045	3.496	-2.595

242	0.043	3.496	-2.595
243	0.041	3.496	-2.595
244	0.039	3.496	-2.595
245	0.037	3.496	-2.595
246	0.035	3.496	-2.595
247	0.033	3.496	-2.595
248	0.031	3.496	-2.595
249	0.030	3.496	-2.595
250	0.028	3.496	-2.595
251	0.027	3.496	-2.595
252	0.026	3.496	-2.595
253	0.024	3.496	-2.595
254	0.023	3.496	-2.595
255	0.022	3.496	-2.595
256	0.021	3.496	-2.595
257	0.020	3.496	-2.595
258	0.019	3.496	-2.595
259	0.018	3.496	-2.595
260	0.017	3.496	-2.595
261	0.016	3.496	-2.595
262	0.015	3.496	-2.595
263	0.015	3.496	-2.595
264	0.014	3.496	-2.595
265	0.013	3.496	-2.595
266	0.012	3.496	-2.595
267	0.012	3.496	-2.595
268	0.011	3.496	-2.595
269	0.011	3.496	-2.595
270	0.010	3.496	-2.595

Result for function  $(-\sqrt{x}) \sin(x) + 2) * \sin(5x)$  :  
 Xmin = 3.496 Fmin = -2.595

## Выводы

Из полученных таблиц и графиков видно, что метод имитации отжига достаточно эффективен при отыскании экстремума как унимодальной, так и мультимодальной функции одного переменного. Так как алгоритм имеет вероятностную природу, то глобальный экстремум может оказаться не найденным при недостаточно большом количестве итераций.

## Ответ на контрольный вопрос

- В чем состоит сущность метода имитации отжига? Какова область применимости данного метода?

Метод имитации отжига заключается в переходе в новую случайно сгенерированную точку с определенной вероятностью, которая зависит от разности значений функции в данных точках, а также от «температуры» на данном шаге. «Температура» уменьшается с каждым шагом. Основное преимущество метода — возможность выхода из локального экстремума,

даже если разность значений функции говорит о том, что новая точка точно не является экстремумом.

Области применения:

1. Создание пути
2. Реконструкция изображения
3. Назначение задач и планирование
4. Размещение сети
5. Глобальная маршрутизация
6. Обнаружение и распознавание визуальных объектов
7. Разработка специальных цифровых фильтров

## Приложение. Исходный код программы

```
#include <iostream>
#include <cmath>
#include <random>
#include <iomanip>
using std::cout;
using std::string;
double T_MAX = 10000.;
const double T_MIN = 0.01;
const double LOWER_EDGE = 1.;
const double UPPER_EDGE = 4.;
enum IsUnimodal : bool {
    True = true,
    False = false
};
double MyFunction(const double &x) {
    return -sqrt(x) * sin(x) + 2;
}
void PrintTopLine() {
    cout << std::setw(3) << " N "
         << std::setw(9) << "T "
         << std::setw(9) << "x "
         << std::setw(9) << "f(x)\n";
}
void PrintLine(const int &number, const double &temperature, const double &x,
               const double &y) {
    cout << std::fixed << std::setprecision(3)
         << std::setw(3) << number << " "
         << std::setw(9) << temperature << " "
         << std::setw(6) << x << " "
         << std::setw(6) << y << '\n';
}
void SearchMinimumOfFunction(const IsUnimodal &isUnimodal) {
    std::random_device rd;
    std::mt19937 gen(rd());
    std::uniform_real_distribution<double> dist(LOWER_EDGE, UPPER_EDGE);
    double x = dist(gen);
    double y = (isUnimodal ? MyFunction(x) : sin(5 * x) * MyFunction(x));
    int number = 1;
    double tCurrent = T_MAX;
    PrintTopLine();
    while (tCurrent > T_MIN) {
        double xNext = dist(gen);
        double yNext = (isUnimodal ? MyFunction(xNext) : sin(5 * xNext) *
                                                                MyFunction(xNext));

        PrintLine(number, tCurrent, x, y);
        double deltaF = yNext - y;
        if (deltaF <= 0) {
            x = xNext;
            y = yNext;
        } else {
            double p = exp(-deltaF / tCurrent);
```



```

        std::discrete_distribution<> distrib({1 - p, p});
        if (distrib(gen)) {
            x = xNext;
            y = yNext;
        }
    }
    tCurrent *= 0.95;
    number++;
}
cout << "\nResult for function\t";
cout << (isUnimodal ? "-sqrt(x) sin(x) + 2" : "(-sqrt(x) sin(x) + 2) * sin(5x)");
cout << " : \n\tXmin = " << x
    << " Fmin = " << y;
cout << "\n\n";
}
int main() {
    cout << "Variant 7: \t -sqrt(x) * sin(x) + 2 \t [" << LOWER_EDGE << "; "
        << UPPER_EDGE << "]\n";
    cout << "Part 1. Search for the extremum of a unimodal function f(x) :\n";
    SearchMinimumOfFunction(IsUnimodal::True);
    cout << "Part 2. Search for the extremum of a multimodal function "
        "f(x) * sin(5x) :\n";
    SearchMinimumOfFunction(IsUnimodal::False);
}

```