Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Фізико-технічний інститут

КРИПТОГРАФІЯ
КОМП’ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ №1
Експериментальна оцінка ентропії на символ джерела відкритого тексту

Виконали:
ФБ-31 Аль-Фітурі Асія
ФБ-31 Гриб Вероніка

Мета роботи:

Засвоєння понять ентропії на символ джерела та його надлишковості, вивчення та порівняння різних моделей джерела відкритого тексту для наближеного визначення ентропії, набуття практичних навичок щодо оцінки ентропії на символ джерела.

Порядок виконання роботи

1. Написати програми для підрахунку a) частот букв і b) частот біграм в тексті, а також підрахунку c) H1 та H2 за безпосереднім означенням. Підрахувати частоти букв та біграм, а також значення H1 та H2 на довільно обраному тексті російською мовою достатньої довжини (щонайменше 1Мб), де імовірності замінити відповідними частотами. Також одержати значення H1 та H2 на тому ж тексті, в якому вилучено всі пробіли.

A) частота букв

1. Частота літер

Частота окремої літери обчислюється як відношення кількості появ цієї літери до загальної кількості літер у тексті

$$P(l) = = \frac{f(l)}{n}$$

Дані збереглись а табличці

```
Створено файл 'crypto_5tables.xlsx' з 7 аркушами.
```

Частота літери з пробілами

	A	B	C
1	**Літера**	**Кількість**	**Частота**
2	пробіл	173144	0.16767
3	о	95774	0.09275
4	а	74368	0.07202
5	е	73361	0.07104
6	е	73361	0.07104
7	и	53873	0.05217
8	н	52690	0.05102
9	т	51049	0.04944
10	с	44734	0.04332
11	л	43373	0.042
12	р	43076	0.04171
13	в	41001	0.0397
14	к	31695	0.03069
15	м	27873	0.02699
16	д	25559	0.02475
17	у	24698	0.02392
18	п	21472	0.02079
19	г	18252	0.01768
20	ь	17094	0.01655
21	ь	17094	0.01655
22	я	16841	0.01631
23	ы	14150	0.0137
24	з	13902	0.01346
25	б	13350	0.01293
26	ч	11986	0.01161
27	й	10369	0.01004
28	ж	8371	0.00811
29	ш	8121	0.00786
30	х	7379	0.00715
31	ю	5223	0.00506
32	ц	3753	0.00363
33	э	2827	0.00274
34	щ	2233	0.00216
35	ф	1050	0.00102

Частота літерів без пробілів

	A	B	C
1	**Літера**	**Кількість**	**Частота**
2	о	95774	0.11143
3	а	74368	0.08653
4	е	73361	0.08535
5	и	53873	0.06268
6	н	52690	0.0613
7	т	51049	0.05939
8	с	44734	0.05205
9	л	43373	0.05046
10	р	43076	0.05012
11	в	41001	0.0477
12	к	31695	0.03688
13	м	27873	0.03243
14	д	25559	0.02974
15	у	24698	0.02874
16	п	21472	0.02498
17	г	18252	0.02124
18	ь	17094	0.01989
19	я	16841	0.01959
20	ы	14150	0.01646
21	з	13902	0.01617
22	б	13350	0.01553
23	ч	11986	0.01395
24	й	10369	0.01206
25	ж	8371	0.00974
26	ш	8121	0.00945
27	х	7379	0.00859
28	ю	5223	0.00608
29	ц	3753	0.00437
30	э	2827	0.00329
31	щ	2233	0.0026
32	ф	1050	0.00122
33			

Біграми які перетинаются з пробілом

	а	б	в	г	д	е	е	ж	з	и	й	к	л	м	н	о	п
а	9E-06	0.00059	0.00329	0.00093	0.00205	0.00106	0.00106	0.00104	0.0036	9.3E-05	0.00073	0.0042	0.0071	0.00341	0.00386	3.5E-05	0.00061
б	0.0009	3E-06	9.5E-05	1E-06	1.7E-05	0.00188	0.00188	5E-06	1E-06	0.00085	0	0.00011	0.0008	5.4E-05	0.00026	0.00188	0
в	0.00663	8E-06	4.2E-05	2.5E-05	0.00024	0.00606	0.00606	0	0.00053	0.00267	0	0.00011	0.00066	0.00014	0.00069	0.00694	0.00018
г	0.00195	2E-06	1.6E-05	4E-06	0.001	0.0022	0.0022	3E-06	0	0.00085	0	7.3E-05	0.00105	8E-06	0.00028	0.00752	0
д	0.00465	3.4E-05	0.00143	1.9E-05	4.4E-05	0.00459	0.00459	1.4E-05	1.1E-05	0.00219	0	0.00013	0.00057	0.00014	0.00185	0.00336	9.7E-05
е	7.5E-05	0.00104	0.00179	0.00305	0.00259	0.00124	0.00124	0.00075	0.00092	8.9E-05	0.00194	0.00142	0.00563	0.00386	0.00747	0.00016	0.00076
е	7.5E-05	0.00104	0.00179	0.00305	0.00259	0.00124	0.00124	0.00075	0.00092	8.9E-05	0.00194	0.00142	0.00563	0.00386	0.00747	0.00016	0.00076
ж	0.00127	5.2E-05	0	9E-06	0.00088	0.00327	0.00327	0.00001	0	0.00123	0	7.7E-05	2.4E-05	4E-06	0.00061	2.3E-05	0
з	0.00511	0.00015	0.00072	0.0004	0.00078	0.0002	0.0002	0.00005	6.6E-05	0.00024	0	0.00009	0.00018	0.00024	0.00173	0.00055	1.5E-05
и	0.00007	0.00052	0.00182	0.00045	0.00144	0.0019	0.0019	0.00032	0.00204	0.00048	0.00152	0.0019	0.00502	0.00243	0.00345	0.00017	0.00013
й	8E-06	1.3E-05	3E-06	0	0.00022	1.3E-05	1.3E-05	0	2E-06	1E-06	0	0.00004	7E-06	3.9E-05	0.00038	9.1E-05	2E-06
к	0.00786	0	9.9E-05	3E-06	0	0.00048	0.00048	1.3E-05	2E-06	0.00237	0	7E-06	0.00078	1E-06	0.00075	0.01048	0
л	0.00748	4.1E-05	2.2E-05	0.00007	7.7E-05	0.00394	0.00394	0.00031	6E-06	0.00625	0	0.00025	4.8E-05	1.5E-05	0.00031	0.00469	5.8E-05
м	0.00304	4.7E-05	2E-06	6.1E-05	0	0.00346	0.00346	0	1E-06	0.00225	0	6.4E-05	0.00013	9E-06	0.00153	0.00455	5.6E-05
н	0.01027	6E-06	1.6E-05	5.8E-05	0.00027	0.00853	0.00853	0.00021	2.7E-05	0.00613	0	0.00017	1.7E-05	2.8E-05	0.00266	0.00793	4E-06
о	1E-06	0.00323	0.00577	0.00487	0.00447	0.00213	0.00213	0.00169	0.00107	0.00089	0.00406	0.00244	0.00759	0.00444	0.00571	0.00015	0.00108
п	0.00139	0	0	0	0	0.00168	0.00168	0	0	0.00074	0	3.6E-05	0.00063	0	9.6E-05	0.00787	2.6E-05
р	0.00674	8.4E-05	0.00048	0.00093	0.00024	0.0055	0.0055	0.00029	4.8E-05	0.00708	0	0.00025	0.00081	0.00019	0.0008	0.00826	0.00006
с	0.00143	4.8E-05	0.00161	2.5E-05	0.0003	0.00305	0.00305	3.9E-05	1.1E-05	0.00178	0	0.00483	0.00281	0.00077	0.00072	0.00272	0.00194
т	0.00551	1.8E-05	0.00331	9E-06	0.00012	0.0061	0.0061	0	3E-06	0.00371	0	0.00048	0.00019	1.1E-05	0.00106	0.0115	7.3E-05
у	0.0003	0.0006	0.001	0.00128	0.00179	0.00021	0.00021	0.00121	0.00045	0.00037	0.00019	0.00078	0.00176	0.00091	0.00015	4E-06	0.00059
ф	0.00011	0	0	1E-06	0	5.7E-05	5.7E-05	0	0	0.00011	0	0	7.8E-05	0	2E-06	0.00011	0
х	0.0006	0	0.00015	1E-06	1E-06	3.8E-05	3.8E-05	0	0	0.00013	0	0	5.2E-05	2.7E-05	0.00014	0.00207	0
ц	0.00072	0	4.6E-05	0	0	0.00075	0.00075	0	0	0.00017	0	1.2E-05	3E-06	0	0	0.00103	0
ч	0.00178	0	2E-06	0	0	0.00353	0.00353	0	0	0.00124	0	0.00016	2.5E-05	0	0.00064	4.7E-05	0
ш	0.00105	0	3.6E-05	0	0	0.00277	0.00277	0	0	0.00152	0	0.00029	0.00047	3E-06	0.00033	0.00032	0.0002
щ	0.00035	0	0	0	0	0.00092	0.00092	0	0	0.00064	0	0	0	0	3.9E-05	1.1E-05	0
ь	1E-06	0.00011	1.5E-05	1.9E-05	1.9E-05	0.0007	0.0007	0	0.00014	7.6E-05	0	0.00092	0	0.00021	0.00094	2.4E-05	4E-06
ы	0	0.00021	0.00068	5.2E-05	7.8E-05	0.00062	0.00062	3.3E-05	9.6E-05	1.2E-05	0.00153	8.7E-05	0.00125	0.00096	0.00027	0	9.8E-05
ь	1E-06	0.00011	1.5E-05	1.9E-05	1.9E-05	0.0007	0.0007	0	0.00014	7.6E-05	0	0.00092	0	0.00021	0.00094	2.4E-05	4E-06
э	0	0	1E-06	0.00001	5E-06	0	0	0	6E-06	0	0.00003	4.7E-05	9E-06	3E-06	7E-06	0	1.5E-05
ю	9E-06	0.00051	1.3E-05	2E-06	0.00026	1E-06	1E-06	5E-06	3.5E-05	1E-06	4E-06	1.3E-05	1.7E-05	4.9E-05	7.6E-05	0	2E-06
я	0	8E-06	0.00044	8.6E-05	0.00042	9.4E-05	9.4E-05	0.00012	0.00015	7.2E-05	3.6E-05	0.00015	0.00067	0.00027	0.00066	0	4.5E-05
пробіл	0.00273	0.00561	0.01683	0.00531	0.00746	0.00409	0.00409	0.00199	0.00425	0.00793	1E-06	0.01157	0.00363	0.00878	0.01356	0.01024	0.01476

	р	с	т	у	ф	х	ц	ч	ш	щ	ь	ы	ь	э	ю	я	пробіл
а	0.00497	0.00461	0.00499	3.9E-05	0.00017	0.00078	2.3E-05	0.00076	0.00153	0.0003	0	0	0	0	0.00076	0.00179	0.0187
б	0.00126	0.00013	0	0.0012	0	0.00004	4E-06	0	1.1E-05	7.1E-05	0.00011	0.0026	0.00011	0	6E-06	0.00042	0.00023
в	0.0009	0.00233	0.00025	0.00076	0	9.4E-05	1.9E-05	7.2E-05	0.00098	6E-06	0.00024	0.00327	0.00024	0	9E-06	0.00023	0.00561
г	0.00069	4.6E-05	4E-06	0.0009	0	0	1E-06	1.9E-05	3E-06	0	0	0	0	0	1E-06	0	0.00106
д	0.00116	0.0003	0.00015	0.00147	0	3.8E-05	0.0002	2.8E-05	4.1E-05	8E-06	0.00071	0.00042	0.00071	0	2.3E-05	0.00026	0.00083
е	0.00694	0.00508	0.00505	0.00014	1.4E-05	0.0005	0.00042	0.00088	0.00064	0.00052	0	0	0	0	0.00013	0.00016	0.01777
е	0.00694	0.00508	0.00505	0.00014	1.4E-05	0.0005	0.00042	0.00088	0.00064	0.00052	0	0	0	0	0.00013	0.00016	0.01777
ж	3E-06	9E-06	0	0.00033	0	0	0	4.8E-05	0	0	2.9E-05	0	2.9E-05	0	0	0	0.00023
з	0.00032	8.2E-05	8E-06	0.00034	0	0	4E-06	5E-06	1E-06	0	0.00017	0.00031	0.00017	0	0	0.00031	0.00139
и	0.00083	0.00198	0.00452	7E-06	2.9E-05	0.00231	0.00086	0.00125	0.00051	0.00016	0	0	0	2E-06	0.00024	0.00096	0.01487
й	2E-06	0.00046	0.0006	0	1E-06	0	8.7E-05	0.00017	0.00005	0	0	0	0	1E-06	0	1E-06	0.00785
к	0.00173	0.00005	0.00041	0.0012	0	3E-06	6E-06	0	1.3E-05	0	3E-06	0	3E-06	0	4.3E-05	0	0.00439
л	0	0.00118	4.3E-05	0.00153	2E-06	3E-06	3E-06	9.5E-05	5E-06	7E-06	0.0045	0.00066	0.0045	0	0.0012	0.00183	0.0074
м	0.00011	9.9E-05	0.00004	0.00233	4E-06	0	1.8E-05	0.00003	2E-06	4.1E-05	5.2E-05	0.00075	5.2E-05	0.00011	1E-06	0.00048	0.00774
н	0.00115	0.00112	0.00051	0.00276	2.5E-05	2E-06	0.00047	0.00014	2E-06	0.00017	0.0008	0.00256	0.0008	0	0.00016	0.00169	0.00316
о	0.00677	0.00559	0.0067	4.6E-05	3.5E-05	0.0006	0.0001	0.00162	0.0013	0.00016	0	0	0	9.7E-05	0.00035	0.00067	0.01912
п	0.00684	9E-06	0.00013	0.00066	0	0	1E-06	6E-06	2E-06	0	0.00013	0.00028	0.00013	0	3E-06	0.00021	5.7E-05
р	0.00061	0.00087	0.00063	0.00238	6.8E-05	0.00013	0.00092	6.3E-05	0.00017	3.5E-05	0.00071	0.00114	0.00071	3.4E-05	0.00012	0.00102	0.00106
с	0.00016	0.00055	0.00948	0.00071	9E-06	0.00016	4.1E-05	0.00029	4.6E-05	0	0.00298	0.00031	0.00298	0	0.00014	0.00296	0.00342
т	0.00236	0.00097	0.00019	0.00143	6E-06	1.2E-05	8.8E-05	9.7E-05	1.6E-05	2.2E-05	0.00538	0.00119	0.00538	0	7.3E-05	0.00038	0.00514
у	0.00031	0.001	0.00122	3E-06	1.4E-05	0.00038	5E-06	0.00077	0.00062	0.00017	0	0	0	3.2E-05	0.00096	9.2E-05	0.00676
ф	0.00035	4E-06	3E-06	2.8E-05	3E-06	0	0	0	0	0	4E-06	1.4E-05	4E-06	0	3.1E-05	0	0.00011
х	0.00021	2.5E-05	0.00002	0.00012	0	0	0	4E-06	2E-06	0	1E-06	0	1E-06	2E-06	0	0	0.00356
ц	0	0	7E-06	0.00027	0	0	1E-06	0	0	0	0	0.0002	0	0	0	0	0.00042
ч	1.1E-05	0	0.00309	0.00054	0	0	0	5E-06	0.00014	0	0.00028	0	0.00028	0	0	0	0.0001
ш	3E-06	0	1.5E-05	0.0003	2E-06	0	0	0	1E-06	0	0.0004	0	0.0004	0	0	0	0.00017
щ	3E-06	0	0	8.3E-05	0	0	0	0	0	0	4.6E-05	0	4.6E-05	0	0	1E-06	7.7E-05
ь	6E-06	0.00077	0.00013	0	2E-06	0	5.9E-05	6.4E-05	0.00042	7.7E-05	0	0	0	0	0.00048	0.00035	0.01102
ы	0.00022	0.0006	0.00062	1E-06	0	0.0008	7E-06	0.00011	0.00045	4E-06	0	0	0	0	0	1E-06	0.00494
ь	6E-06	0.00077	0.00013	0	2E-06	0	5.9E-05	6.4E-05	0.00042	7.7E-05	0	0	0	0	0.00048	0.00035	0.01102
э	2E-06	3E-06	0.0025	0	8E-06	1.7E-05	0	0	8E-06	0	0	0	0	2E-06	0	1E-06	6.7E-05
ю	0.00019	0.0002	0.00029	0	0	1.6E-05	0	0.00012	0.00001	0.00021	0	0	0	0	4.6E-05	0	0.00299
я	7.3E-05	0.00049	0.00122	0	0	0.00014	2.4E-05	0.00011	0.00001	0.00015	0	0	0	0	9.5E-05	8.8E-05	0.01071
пробіл	0.00353	0.01478	0.00663	0.00433	0.00063	0.00112	0.00028	0.00487	0.00088	0.00006	0	0	0	0.00246	0.00019	0.00244	0.00673

Біграми з пробілом без перетину

	а	б	в	г	д	е	е	ж	з	и	й	к	л	м	н	о	п
а	0.00001	0.000567	0.003242	0.000957	0.002065	0.001098	0.001098	0.001025	0.003585	0.000093	0.000707	0.004112	0.007215	0.003465	0.003885	0.000039	0.000587
б	0.000955	0.000004	0.000081	0.000002	0.000019	0.001892	0.001892	0.000002	0	0.000837	0	0.000114	0.000804	0.000054	0.000256	0.001852	0
в	0.006697	0.000006	0.000039	0.000023	0.000261	0.005998	0.005998	0	0.000538	0.002651	0	0.000116	0.000684	0.000136	0.000711	0.006926	0.000159
г	0.001948	0	0.000019	0.000002	0.000986	0.002266	0.002266	0.000006	0	0.000862	0	0.000072	0.001032	0.000008	0.000271	0.007664	0
д	0.004586	0.000041	0.001427	0.000015	0.00005	0.004497	0.004497	0.000014	0.000008	0.002218	0	0.000116	0.000593	0.000128	0.001792	0.003302	0.000099
е	0.000072	0.001083	0.001697	0.00295	0.002601	0.00122	0.00122	0.000705	0.000893	0.000077	0.001952	0.001396	0.005661	0.003837	0.007592	0.000169	0.000668
е	0.000072	0.001083	0.001697	0.00295	0.002601	0.00122	0.00122	0.000705	0.000893	0.000077	0.001952	0.001396	0.005661	0.003837	0.007592	0.000169	0.000668
ж	0.001323	0.000054	0	0.000012	0.000873	0.003285	0.003285	0.000008	0	0.00121	0	0.000083	0.000021	0.000006	0.000637	0.000023	0
з	0.00526	0.000138	0.00067	0.000393	0.000804	0.000217	0.000217	0.000041	0.000074	0.000217	0	0.000087	0.000192	0.000225	0.001774	0.000544	0.000015
и	0.000085	0.000533	0.001772	0.000422	0.001511	0.001873	0.001873	0.00032	0.002001	0.000521	0.001522	0.001915	0.004972	0.002454	0.003535	0.000178	0.000147
й	0.000012	0.000021	0.000006	0	0.00023	0.000012	0.000012	0	0.000002	0	0	0.000037	0.000008	0.000039	0.000397	0.000091	0.000002
к	0.007978	0	0.000099	0.000002	0	0.000488	0.000488	0.000015	0.000002	0.002431	0	0.000002	0.000784	0.000002	0.000738	0.010585	0
л	0.007387	0.000037	0.000017	0.000066	0.000079	0.003939	0.003939	0.000289	0.000008	0.006093	0	0.00023	0.000058	0.000015	0.000329	0.004675	0.000062
м	0.003074	0.000054	0.000002	0.000066	0	0.003444	0.003444	0	0.000002	0.002247	0	0.000072	0.000122	0.000015	0.00153	0.004513	0.000048
н	0.010071	0.000004	0.00001	0.000058	0.000271	0.008601	0.008601	0.000194	0.000023	0.00607	0	0.000161	0.000015	0.000023	0.002648	0.007997	0.000004
о	0.000002	0.003153	0.005743	0.004956	0.004538	0.002194	0.002194	0.001687	0.001114	0.000903	0.004011	0.002342	0.007677	0.004346	0.005605	0.000159	0.001061
п	0.001367	0	0	0	0	0.00172	0.00172	0	0	0.000757	0	0.000041	0.000628	0	0.000085	0.007954	0.000021
р	0.00685	0.000103	0.000509	0.000918	0.000236	0.005597	0.005597	0.000267	0.000041	0.007032	0	0.000248	0.0008	0.000211	0.000819	0.008255	0.000062
с	0.001408	0.000054	0.001658	0.000021	0.000304	0.003045	0.003045	0.000043	0.000006	0.001784	0	0.004689	0.002874	0.00074	0.000701	0.002719	0.001983
т	0.005499	0.000019	0.003428	0.000006	0.000112	0.006126	0.006126	0	0.000002	0.003705	0	0.000467	0.000186	0.000006	0.001069	0.011561	0.000064
у	0.000296	0.000587	0.000999	0.001284	0.001805	0.000203	0.000203	0.001197	0.00043	0.000351	0.000169	0.000767	0.001699	0.000846	0.000138	0.000002	0.000583
ф	0.000126	0	0	0	0	0.00005	0.00005	0	0	0.000103	0	0	0.000072	0	0.000002	0.000108	0
х	0.000567	0	0.000114	0.000002	0.000002	0.000045	0.000045	0	0	0.000132	0	0	0.000041	0.000031	0.000122	0.002074	0
ц	0.000742	0	0.000041	0	0	0.000759	0.000759	0	0	0.000172	0	0.000012	0.000004	0	0	0.001003	0
ч	0.001724	0	0.000004	0	0	0.003399	0.003399	0	0	0.001269	0	0.00018	0.000023	0	0.000662	0.000046	0
ш	0.001056	0	0.000033	0	0	0.002812	0.002812	0	0	0.001538	0	0.000323	0.000478	0.000004	0.000292	0.000329	0.000229
щ	0.000329	0	0	0	0	0.000883	0.000883	0	0	0.000635	0	0	0	0	0.000048	0.000015	0
ь	0	0.000103	0.000015	0.000021	0.000021	0.000717	0.000717	0	0.000141	0.000095	0	0.000908	0	0.000213	0.000893	0.000035	0.000004
ы	0	0.000198	0.000688	0.000054	0.000077	0.000628	0.000628	0.000043	0.000101	0.00001	0.001569	0.000091	0.001313	0.000937	0.000277	0	0.000093
ь	0	0.000103	0.000015	0.000021	0.000021	0.000717	0.000717	0	0.000141	0.000095	0	0.000908	0	0.000213	0.000893	0.000035	0.000004
э	0	0	0	0.00001	0.000002	0	0	0	0.000006	0	0.000027	0.000039	0.000006	0.000004	0.000004	0	0.000012
ю	0.000006	0.000502	0.000015	0.000002	0.000275	0	0	0	0.000037	0.000002	0.000004	0.000015	0.000017	0.000043	0.000083	0	0.000004
я	0	0.000002	0.000418	0.000068	0.000411	0.00011	0.00011	0.000114	0.000151	0.000072	0.000043	0.000167	0.000668	0.000263	0.00067	0	0.000045
пробіл	0.002706	0.005644	0.017113	0.005233	0.007476	0.004139	0.004139	0.002022	0.004174	0.007931	0	0.01152	0.003585	0.008847	0.013521	0.010308	0.01465

	р	с	т	у	ф	х	ц	ч	ш	щ	ь	ы	ь	э	ю	я	пробіл
а	0.004883	0.004631	0.005024	0.000029	0.000141	0.000802	0.000027	0.000765	0.001503	0.00032	0	0	0	0	0.000738	0.001733	0.018653
б	0.001267	0.000124	0	0.001241	0	0.000046	0.000006	0	0.00001	0.000074	0.000099	0.002558	0.000099	0	0.000006	0.000407	0.000242
в	0.000916	0.002254	0.000258	0.000748	0	0.000095	0.000025	0.000076	0.000978	0.000002	0.000225	0.003283	0.000225	0	0.000006	0.000219	0.00552
г	0.000711	0.000045	0.000006	0.000839	0	0	0.000002	0.000023	0.000002	0	0	0	0	0	0.000002	0	0.001042
д	0.001119	0.000287	0.000155	0.001524	0	0.000029	0.000198	0.000039	0.000035	0.000006	0.000678	0.000405	0.000678	0	0.000025	0.000236	0.00087
е	0.006876	0.005109	0.004958	0.000138	0.000014	0.000486	0.000455	0.000893	0.000631	0.000536	0	0	0	0	0.000155	0.000153	0.017849
е	0.006876	0.005109	0.004958	0.000138	0.000014	0.000486	0.000455	0.000893	0.000631	0.000536	0	0	0	0	0.000155	0.000153	0.017849
ж	0.000004	0.00001	0	0.000351	0	0	0	0.000056	0	0	0.000021	0	0.000021	0	0	0	0.000246
з	0.000339	0.000081	0.000012	0.000372	0	0	0.000006	0.000004	0.000002	0	0.000147	0.000296	0.000147	0	0	0.000296	0.001383
и	0.000829	0.002045	0.004505	0.00001	0.000027	0.002371	0.000819	0.001315	0.000457	0.000167	0	0	0	0.000002	0.000265	0.00099	0.014762
й	0.000004	0.000471	0.000624	0	0	0	0.000105	0.000163	0.000046	0	0	0	0	0	0	0.000002	0.007809
к	0.001747	0.000054	0.000449	0.001209	0	0.000004	0.000004	0	0.000014	0	0.000004	0	0.000004	0	0.000052	0	0.004402
л	0	0.001214	0.000045	0.001536	0.000004	0.000002	0.000004	0.000093	0.000008	0.000008	0.004528	0.000699	0.004528	0	0.001152	0.001838	0.007356
м	0.000107	0.000099	0.000043	0.002373	0.000002	0	0.000021	0.000039	0	0.000052	0.00005	0.00075	0.00005	0.000091	0.000002	0.000476	0.007794
н	0.001212	0.001133	0.000475	0.002797	0.000021	0	0.000432	0.000132	0.000004	0.000172	0.000812	0.002555	0.000812	0	0.000167	0.001739	0.003163
о	0.006655	0.005514	0.00673	0.00005	0.000029	0.000628	0.000093	0.001693	0.001238	0.000151	0	0	0	0.000116	0.000352	0.000691	0.018936
п	0.006812	0.000008	0.000155	0.000689	0	0	0.000002	0.000008	0.000004	0	0.000143	0.000296	0.000143	0	0	0.00023	0.000064
р	0.000608	0.000887	0.000668	0.002433	0.000062	0.000128	0.000949	0.000066	0.000198	0.000039	0.000684	0.001112	0.000684	0.000041	0.00013	0.001044	0.001048
с	0.000143	0.000567	0.009421	0.000701	0.00001	0.000178	0.000045	0.000306	0.000048	0	0.003025	0.000308	0.003025	0	0.000132	0.002872	0.003349
т	0.002299	0.001056	0.000215	0.001352	0.000006	0.000014	0.000083	0.000091	0.000012	0.000023	0.005371	0.001154	0.005371	0	0.000083	0.000364	0.005212
у	0.0003	0.000965	0.001218	0.000004	0.000017	0.000416	0.000006	0.00075	0.000629	0.000165	0	0	0	0.000029	0.000957	0.000093	0.006785
ф	0.000349	0.000004	0.000006	0.000025	0.000002	0	0	0	0	0	0.000002	0.000012	0.000002	0	0.000033	0	0.000138
х	0.000186	0.000029	0.000023	0.000112	0	0	0	0.000006	0.000002	0	0.000002	0	0.000002	0.000004	0	0	0.003436
ц	0	0	0.000004	0.00026	0	0	0.000002	0	0	0	0	0.000209	0	0	0	0	0.000391
ч	0.000014	0	0.003016	0.000544	0	0	0	0.000008	0.000153	0	0.000267	0	0.000267	0	0	0	0.000112
ш	0.000006	0	0.000012	0.000275	0.000004	0	0	0	0.000002	0	0.000411	0	0.000411	0	0	0	0.000163
щ	0.000002	0	0	0.000095	0	0	0	0	0	0	0.000043	0	0.000043	0	0	0	0.000066
ь	0.000004	0.000773	0.000122	0	0	0	0.000058	0.000058	0.000453	0.000087	0	0	0	0	0.000492	0.000376	0.011007
ы	0.000201	0.000581	0.00062	0	0	0.000841	0.000006	0.000085	0.000422	0.000002	0	0	0	0	0	0	0.004933
ь	0.000004	0.000773	0.000122	0	0	0	0.000058	0.000058	0.000453	0.000087	0	0	0	0	0.000492	0.000376	0.011007
э	0.000002	0.000004	0.002493	0	0.000008	0.00001	0	0	0.000012	0	0	0	0	0.000004	0	0	0.000064
ю	0.000196	0.000172	0.000273	0	0	0.000015	0	0.000126	0.000015	0.000207	0	0	0	0	0.000041	0	0.002996
я	0.000079	0.000492	0.001207	0	0	0.000139	0.000021	0.000085	0.000006	0.000138	0	0	0	0	0.000108	0.000083	0.010697
пробіл	0.003517	0.014898	0.006554	0.004441	0.000657	0.001158	0.000302	0.004916	0.000879	0.00006	0	0	0	0.002485	0.00017	0.002516	0.006717

Без пробілу з перетином

	а	б	в	г	д	е	е	ж	з	и	й	к	л	м	н	о	п
а	0.000462	0.001376	0.006055	0.001849	0.003326	0.002135	0.002135	0.001473	0.004856	0.001173	0.000871	0.006652	0.008968	0.006478	0.00645	0.001395	0.002613
б	0.001084	0.000005	0.000124	0.000001	0.000027	0.002269	0.002269	0.000007	0.000006	0.00104	0	0.000134	0.000956	0.000073	0.000328	0.002319	0.000012
в	0.008038	0.000179	0.000433	0.000322	0.000669	0.007464	0.007464	0.000051	0.000796	0.00343	0	0.000754	0.001082	0.00037	0.001267	0.008739	0.000935
г	0.002626	0.000054	0.00012	0.0001	0.001274	0.002664	0.002664	0.000013	0.000026	0.001066	0	0.000143	0.001271	0.000041	0.000417	0.009112	0.000118
д	0.005609	0.000071	0.001812	0.000058	0.000083	0.005537	0.005537	0.00002	0.00009	0.002695	0	0.000223	0.000702	0.000204	0.002326	0.00408	0.000194
е	0.000358	0.002037	0.004717	0.004252	0.004048	0.00186	0.00186	0.001163	0.00178	0.000982	0.002335	0.002917	0.007259	0.006202	0.010529	0.001521	0.002992
е	0.000358	0.002037	0.004717	0.004252	0.004048	0.00186	0.00186	0.001163	0.00178	0.000982	0.002335	0.002917	0.007259	0.006202	0.010529	0.001521	0.002992
ж	0.001528	0.000071	0.000028	0.000017	0.001065	0.003943	0.003943	0.000014	0.000008	0.001494	0	0.000102	0.000031	0.000014	0.000774	0.000051	0.00003
з	0.006169	0.000205	0.001015	0.000529	0.001047	0.000278	0.000278	0.000067	0.000102	0.00033	0	0.000245	0.000269	0.000365	0.002234	0.000776	0.000215
и	0.000319	0.001338	0.004172	0.001134	0.002584	0.002759	0.002759	0.000547	0.002905	0.001438	0.001825	0.003474	0.006375	0.003671	0.005531	0.00146	0.002029
й	0.000172	0.000361	0.000833	0.000323	0.000813	0.00014	0.00014	0.000192	0.00024	0.000494	0	0.000846	0.000239	0.000511	0.001099	0.000669	0.000955
к	0.009517	0.000305	0.000668	0.000193	0.000261	0.000659	0.000659	0.000172	0.000104	0.003091	0	0.00045	0.001066	0.000239	0.001304	0.012885	0.00036
л	0.009097	0.000293	0.000806	0.000813	0.000408	0.005105	0.005105	0.000407	0.000207	0.007832	0	0.001523	0.000449	0.000341	0.001023	0.006219	0.000691
м	0.003837	0.000348	0.000903	0.00038	0.000508	0.004346	0.004346	0.000131	0.000197	0.003234	0	0.000768	0.00034	0.000322	0.002597	0.00613	0.000992
н	0.012387	0.000223	0.000406	0.000171	0.000526	0.010312	0.010312	0.000286	0.000161	0.007596	0	0.0004	0.000093	0.000208	0.003508	0.009749	0.000437
о	0.000234	0.00478	0.009597	0.006421	0.00644	0.003116	0.003116	0.002435	0.001963	0.001981	0.004881	0.004298	0.00956	0.006448	0.008686	0.001844	0.003399
п	0.001672	0	0.000007	0.000003	0.000003	0.002016	0.002016	0.000002	0.000002	0.000895	0	0.000045	0.000753	0.000005	0.000119	0.009463	0.000037
р	0.008129	0.00013	0.000724	0.001147	0.000341	0.006636	0.006636	0.000347	0.000087	0.008572	0	0.000405	0.001019	0.000284	0.001065	0.010023	0.000187
с	0.001796	0.000207	0.002349	0.000212	0.000529	0.003764	0.003764	0.000145	0.000087	0.002249	0	0.006092	0.003488	0.001103	0.001361	0.003489	0.002714
т	0.006733	0.000276	0.004673	0.000184	0.000444	0.007479	0.007479	0.000071	0.000144	0.004797	0	0.000982	0.00036	0.000377	0.001845	0.014184	0.000497
у	0.000549	0.000939	0.002093	0.001817	0.002485	0.000393	0.000393	0.001571	0.000718	0.001066	0.000233	0.001616	0.002259	0.001616	0.000942	0.000425	0.001304
ф	0.000136	0.000001	0.00001	0.000002	0.000035	0.00007	0.00007	0.000001	0.000001	0.000141	0	0.000014	0.000105	0.000003	0.000003	0.000134	0.000008
х	0.000788	0.000161	0.000605	0.000135	0.000307	0.000123	0.000123	0.000044	0.000086	0.000364	0	0.000289	0.000204	0.00019	0.000591	0.002717	0.000461
ц	0.000873	0.000014	0.000112	0.000012	0.000015	0.000909	0.000909	0.000005	0.000012	0.000234	0	0.000078	0.000008	0.00002	0.000037	0.001284	0.000058
ч	0.002138	0.000005	0.000017	0.000002	0.000007	0.004246	0.004246	0.000001	0	0.001497	0	0.000206	0.000033	0.000002	0.000775	0.000077	0.00001
ш	0.001268	0.00002	0.00005	0.000008	0.00002	0.003324	0.003324	0.000002	0.000012	0.001828	0	0.000358	0.000564	0.000013	0.000406	0.000394	0.000279
щ	0.000418	0.000003	0.000007	0.000002	0.000001	0.001099	0.001099	0	0.000001	0.0008	0	0.000007	0	0.000002	0.000055	0.00002	0.000007
ь	0.000211	0.000475	0.001624	0.000344	0.000568	0.001293	0.001293	0.000099	0.000543	0.000908	0	0.002034	0.000237	0.000831	0.002372	0.000855	0.001146
ы	0.000072	0.000475	0.001396	0.000234	0.000385	0.000887	0.000887	0.0001	0.000323	0.000385	0.001835	0.000365	0.001592	0.001466	0.000908	0.000433	0.000724
ь	0.000211	0.000475	0.001624	0.000344	0.000568	0.001293	0.001293	0.000099	0.000543	0.000908	0	0.002034	0.000237	0.000831	0.002372	0.000855	0.001146
э	0.000002	0.000002	0.000012	0.000015	0.000013	0	0	0	0.000007	0.000003	0.000036	0.000062	0.000012	0.000007	0.000019	0.000003	0.000027
ю	0.000081	0.000713	0.000389	0.000106	0.000487	0.000085	0.000085	0.000062	0.000124	0.000215	0.000005	0.000325	0.0001	0.000247	0.000383	0.000215	0.000303
я	0.000219	0.000467	0.001948	0.000444	0.001017	0.000444	0.000444	0.000309	0.000586	0.000847	0.000043	0.001069	0.001072	0.000777	0.002349	0.000764	0.001246

	р	с	т	у	ф	х	ц	ч	ш	щ	ь	ы	ь	э	ю	я
а	0.006419	0.00729	0.006884	0.000636	0.00028	0.001033	0.000063	0.001439	0.001962	0.000366	0	0	0	0.000417	0.001069	0.002533
б	0.001509	0.000163	0.000006	0.001459	0.000002	0.000052	0.000005	0.000001	0.000013	0.000085	0.000127	0.003127	0.000127	0.000081	0.000007	0.00051
в	0.001291	0.003472	0.000832	0.001034	0.000008	0.000135	0.000031	0.000264	0.001224	0.000012	0.000291	0.003923	0.000291	0.000322	0.000014	0.00032
г	0.000856	0.000137	0.000008	0.00112	0.00001	0.000003	0.000002	0.000033	0.000003	0.000001	0	0	0	0.000003	0.000001	0.000013
д	0.001418	0.000449	0.000226	0.001778	0.000005	0.000049	0.000242	0.000084	0.000057	0.00001	0.000854	0.000505	0.000854	0.000017	0.00003	0.000311
е	0.008795	0.008364	0.006973	0.00077	0.000078	0.000793	0.00054	0.001688	0.000876	0.000634	0	0	0	0.000261	0.000158	0.000469
е	0.008795	0.008364	0.006973	0.00077	0.000078	0.000793	0.00054	0.001688	0.000876	0.000634	0	0	0	0.000261	0.000158	0.000469
ж	0.000007	0.00003	0.000015	0.000406	0	0	0	0.000062	0.000001	0	0.000035	0	0.000035	0.000003	0	0.000009
з	0.000443	0.000254	0.000092	0.000448	0.000015	0.000003	0.000012	0.000042	0.000015	0	0.000206	0.000371	0.000206	0.000041	0.000001	0.000384
и	0.001369	0.004105	0.006185	0.00051	0.000099	0.002916	0.001055	0.001963	0.000726	0.000195	0	0	0	0.00024	0.000303	0.001453
й	0.000311	0.001479	0.001048	0.000232	0.000067	0.000076	0.000154	0.000492	0.00014	0.000007	0	0	0	0.000079	0.000009	0.000084
к	0.002191	0.000581	0.000739	0.001558	0.000019	0.000056	0.00002	0.00013	0.000047	0.000003	0.000003	0	0.000003	0.000107	0.000051	0.000099
л	0.000221	0.002101	0.0003	0.002042	0.000055	0.000059	0.000014	0.00042	0.000069	0.000012	0.005408	0.000787	0.005408	0.000055	0.001453	0.002252
м	0.000328	0.001063	0.00037	0.003032	0.000049	0.000078	0.000036	0.000403	0.000049	0.000052	0.000063	0.000902	0.000063	0.000229	0.000002	0.000739
н	0.001459	0.001689	0.000759	0.003461	0.00004	0.000028	0.000567	0.000254	0.000023	0.0002	0.000965	0.003074	0.000965	0.000044	0.000199	0.002077
о	0.008654	0.008814	0.009019	0.000663	0.000116	0.000906	0.000156	0.002807	0.001675	0.0002	0	0	0	0.000513	0.000434	0.001388
п	0.008226	0.000022	0.000158	0.000789	0	0	0.000001	0.000008	0.000002	0	0.000159	0.00034	0.000159	0.000002	0.000003	0.000248
р	0.000791	0.00116	0.000791	0.002885	0.000084	0.000161	0.001101	0.000105	0.000212	0.000042	0.00085	0.001371	0.00085	0.000064	0.000144	0.00126
с	0.000275	0.000918	0.011629	0.001025	0.00003	0.000205	0.000066	0.000417	0.000078	0	0.003583	0.000375	0.003583	0.000084	0.000169	0.003607
т	0.002995	0.001746	0.000525	0.001851	0.000031	0.000038	0.000122	0.0003	0.000038	0.000027	0.006465	0.001435	0.006465	0.000147	0.000087	0.000541
у	0.000546	0.001878	0.001773	0.000171	0.000049	0.000515	0.000016	0.001305	0.000782	0.000204	0	0	0	0.000102	0.001153	0.000214
ф	0.000421	0.000019	0.000005	0.000038	0.000006	0.000001	0	0	0	0	0.000005	0.000016	0.000005	0.000001	0.000037	0.000007
х	0.000354	0.000437	0.000155	0.000279	0.000029	0.000014	0.000007	0.000116	0.000029	0.000005	0.000001	0	0.000001	0.000038	0.000002	0.000055
ц	0.000012	0.000048	0.000023	0.000342	0.000008	0.000005	0.000001	0.000007	0.000002	0	0	0.000239	0	0.000006	0	0.000005
ч	0.000015	0.000009	0.00371	0.000659	0	0	0	0.000008	0.000171	0	0.000341	0	0.000341	0.000015	0	0
ш	0.000007	0.000013	0.00002	0.000371	0.000003	0.000001	0	0.000002	0.000005	0	0.000477	0	0.000477	0.000002	0	0
щ	0.000003	0.000007	0.000003	0.000101	0	0	0	0.000001	0	0	0.000055	0	0.000055	0.000002	0	0.000001
ь	0.000215	0.00219	0.000698	0.000356	0.000051	0.000102	0.000084	0.000591	0.00057	0.000101	0	0	0	0.000187	0.000577	0.000626
ы	0.00035	0.001296	0.000977	0.000226	0.000016	0.001032	0.00002	0.000255	0.000549	0.000006	0	0	0	0.000052	0	0.000105
ь	0.000215	0.00219	0.000698	0.000356	0.000051	0.000102	0.000084	0.000591	0.00057	0.000101	0	0	0	0.000187	0.000577	0.000626
э	0.000006	0.000008	0.003006	0.000002	0.000009	0.000021	0.000001	0.000001	0.000009	0	0	0	0	0.000003	0	0.000001
ю	0.000318	0.000545	0.000507	0.000052	0.00002	0.000037	0.000007	0.000297	0.000056	0.000257	0	0	0	0.000028	0.000057	0.000057
я	0.000313	0.001759	0.001957	0.000437	0.000041	0.000264	0.000044	0.00045	0.000065	0.000178	0	0	0	0.000141	0.000114	0.000228

Без пробілу без перетину

	а	б	в	г	д	е	ё	ж	з	и	й	к	л	м	н	о	п	р	с	т	у	ф	х	ц	ч	ш	щ	ъ	ы	ь	э	ю	я
а	0.000428	0.001364	0.005997	0.001983	0.00333	0.002131	0.002131	0.001459	0.004814	0.001156	0.00088	0.006611	0.009019	0.006392	0.006529	0.001401	0.002571	0.006346	0.007397	0.006797	0.000645	0.000279	0.001112	0.000072	0.001478	0.001964	0.000358	0	0	0	0.000435	0.001119	0.002464
б	0.001077	0.000002	0.000135	0	0.00003	0.002276	0.002276	0.000007	0.000002	0.00107	0	0.000133	0.00097	0.000079	0.000328	0.002376	0.000014	0.001594	0.000156	0.000007	0.001426	0.000002	0.000061	0.000005	0	0.000014	0.000086	0.000128	0.00302	0.000128	0.000079	0.000007	0.00057
в	0.0081	0.000172	0.000389	0.000344	0.000668	0.00733	0.00733	0.000035	0.000814	0.003449	0	0.000763	0.001056	0.000365	0.001273	0.008647	0.000914	0.001317	0.003525	0.000842	0.001008	0.000009	0.000137	0.000028	0.000289	0.001233	0.000007	0.000289	0.003828	0.000289	0.000305	0.000019	0.000321
г	0.002669	0.000049	0.000126	0.000084	0.001287	0.002716	0.002716	0.000016	0.000037	0.001035	0	0.000144	0.001226	0.000044	0.00037	0.00914	0.000109	0.000845	0.000168	0.000009	0.001047	0.000005	0.000002	0.000005	0.000033	0.000002	0.000002	0	0	0	0	0	0.000012
д	0.005682	0.000074	0.001878	0.000074	0.000074	0.00554	0.00554	0.000016	0.000079	0.002646	0	0.000219	0.000717	0.000228	0.002355	0.004042	0.000207	0.001357	0.000449	0.00024	0.001757	0.000005	0.000044	0.000249	0.000091	0.000056	0.000012	0.000831	0.000484	0.000831	0.000019	0.000026	0.000323
е	0.000335	0.002024	0.004682	0.004251	0.003916	0.001852	0.001852	0.001152	0.001768	0.001017	0.002183	0.002855	0.007283	0.00622	0.010532	0.00155	0.003044	0.00884	0.00833	0.006916	0.0008	0.000081	0.000787	0.00054	0.001617	0.000896	0.000589	0	0	0	0.000261	0.000165	0.000437
ё	0.000335	0.002024	0.004682	0.004251	0.003916	0.001852	0.001852	0.001152	0.001768	0.001017	0.002183	0.002855	0.007283	0.00622	0.010532	0.00155	0.003044	0.00884	0.00833	0.006916	0.0008	0.000081	0.000787	0.00054	0.001617	0.000896	0.000589	0	0	0	0.000261	0.000165	0.000437
ж	0.001501	0.000081	0.000033	0.000016	0.001145	0.003933	0.003933	0.000019	0.000007	0.001443	0	0.000102	0.000033	0.000019	0.000807	0.000058	0.000023	0.000007	0.000021	0.000014	0.000396	0	0	0	0.000051	0	0	0.000037	0	0.000037	0.000005	0	0.000014
з	0.00619	0.000207	0.001022	0.000528	0.001019	0.000298	0.000298	0.000077	0.000105	0.000365	0	0.000265	0.000247	0.000396	0.002169	0.000789	0.00023	0.000412	0.000226	0.000095	0.000496	0.000009	0	0.000007	0.00004	0.000019	0	0.000209	0.000363	0.000209	0.000037	0	0.000361
и	0.000296	0.001359	0.004284	0.001136	0.002588	0.002841	0.002841	0.00057	0.00286	0.001415	0.001841	0.00333	0.006478	0.003567	0.005499	0.001503	0.001971	0.001419	0.004086	0.006192	0.000442	0.000095	0.002992	0.001031	0.00199	0.00071	0.000179	0	0	0	0.00024	0.000286	0.001485
й	0.000158	0.000337	0.000856	0.000291	0.000798	0.000168	0.000168	0.000182	0.00023	0.000477	0	0.000877	0.00023	0.000517	0.001056	0.000672	0.000977	0.000309	0.001515	0.001073	0.000219	0.000077	0.000074	0.000163	0.000484	0.000163	0.000007	0	0	0	0.000091	0.000014	0.0001
к	0.009603	0.000291	0.000686	0.000182	0.000258	0.000691	0.000691	0.000133	0.000109	0.003106	0	0.000454	0.001087	0.000237	0.001282	0.01297	0.000375	0.002152	0.000586	0.000775	0.001559	0.000028	0.000056	0.000012	0.000137	0.000056	0.000002	0.000002	0	0.000002	0.000114	0.000049	0.000109
л	0.009126	0.000333	0.00081	0.0008	0.000363	0.005117	0.005117	0.0004	0.000226	0.0078	0	0.001485	0.000461	0.000333	0.001042	0.006132	0.000696	0.000216	0.002064	0.00034	0.001978	0.000049	0.000063	0.000012	0.000377	0.000067	0.000012	0.005373	0.000752	0.005373	0.00004	0.001519	0.002234
м	0.003849	0.000335	0.000912	0.000389	0.000517	0.004468	0.004468	0.000121	0.000188	0.003216	0	0.000828	0.000351	0.000323	0.002685	0.006132	0.001003	0.000298	0.001022	0.000377	0.00303	0.000054	0.000065	0.000033	0.000361	0.000037	0.000061	0.000054	0.000949	0.000054	0.000216	0.000002	0.000742
н	0.012472	0.000235	0.000424	0.000147	0.000533	0.010152	0.010152	0.00033	0.000184	0.007602	0	0.000421	0.000088	0.0002	0.003507	0.009715	0.000465	0.001475	0.001661	0.000777	0.003451	0.000026	0.00003	0.000593	0.000258	0.00003	0.000198	0.000998	0.003018	0.000998	0.000042	0.000182	0.002145
о	0.00023	0.00471	0.009641	0.006455	0.006504	0.003207	0.003207	0.00245	0.001983	0.001962	0.004905	0.004198	0.009582	0.006485	0.008545	0.001882	0.003383	0.008472	0.008752	0.008989	0.000668	0.000116	0.000898	0.000163	0.002853	0.001664	0.000216	0	0	0	0.000496	0.000458	0.001368
п	0.001587	0	0.000007	0.000005	0.000005	0.002003	0.002003	0.000002	0.000002	0.000919	0	0.000037	0.000712	0.000005	0.000112	0.009278	0.00004	0.008275	0.00003	0.000154	0.000803	0	0	0	0.000007	0	0	0.000154	0.00033	0.000154	0.000002	0	0.000249
р	0.008133	0.000128	0.000738	0.00114	0.000356	0.006543	0.006543	0.000354	0.000079	0.008624	0	0.000424	0.00101	0.000289	0.001029	0.010071	0.000184	0.00084	0.001101	0.000824	0.00299	0.000084	0.000142	0.001096	0.000121	0.000221	0.000035	0.000852	0.001378	0.000852	0.00007	0.000128	0.00128
с	0.001864	0.0002	0.002292	0.000219	0.000538	0.003809	0.003809	0.000144	0.000079	0.002243	0	0.006176	0.00357	0.001096	0.001382	0.003509	0.002783	0.000261	0.000856	0.011476	0.00101	0.000037	0.000195	0.000063	0.000389	0.000093	0	0.003686	0.000386	0.003686	0.000091	0.00017	0.003656
т	0.006602	0.000298	0.004856	0.000188	0.000444	0.007593	0.007593	0.000074	0.000128	0.004712	0	0.000912	0.000377	0.000349	0.001924	0.01428	0.000554	0.003016	0.00175	0.000493	0.001801	0.000023	0.000049	0.000126	0.000316	0.000037	0.000023	0.006427	0.001475	0.006427	0.000142	0.000093	0.000507
у	0.000577	0.000926	0.002087	0.00181	0.002464	0.00043	0.00043	0.00154	0.00077	0.001066	0.00024	0.001631	0.002269	0.001589	0.000933	0.00043	0.001347	0.000538	0.001901	0.001773	0.000165	0.000051	0.000551	0.000009	0.00134	0.000805	0.00023	0	0	0	0.000116	0.001098	0.000235
ф	0.000147	0.000002	0.000007	0.000002	0.000037	0.00007	0.00007	0.000002	0	0.000156	0	0.000016	0.000116	0.000007	0.000005	0.000135	0.000009	0.000375	0.000009	0.000007	0.00004	0.000012	0	0	0	0	0	0.000007	0.000012	0.000007	0.000002	0.000033	0.000005
х	0.000789	0.000151	0.000577	0.000116	0.000312	0.000119	0.000119	0.00004	0.000088	0.000379	0	0.000263	0.000175	0.000202	0.000561	0.002736	0.000433	0.000361	0.000442	0.000135	0.000265	0.000035	0.000009	0.000007	0.000095	0.000019	0.000007	0.000002	0	0.000002	0.000042	0.000002	0.000061
ц	0.000873	0.000014	0.000116	0.000012	0.000016	0.000908	0.000908	0.000002	0.000012	0.000254	0	0.00007	0.000005	0.000021	0.000033	0.001287	0.000063	0.000009	0.000054	0.000023	0.000326	0.000009	0.000005	0.000002	0.000012	0	0	0	0.000235	0	0.000009	0	0.000002
ч	0.002099	0.000005	0.000019	0	0.000009	0.004223	0.004223	0	0	0.001487	0	0.000226	0.000042	0	0.000798	0.000081	0.000016	0.000019	0.000012	0.003725	0.000721	0	0	0	0.000012	0.000151	0	0.00034	0	0.00034	0.000012	0	0
ш	0.001124	0.000028	0.000037	0.000012	0.000026	0.003379	0.003379	0.000002	0.000007	0.001829	0	0.000377	0.000561	0.000019	0.000377	0.000421	0.000282	0.000009	0.000016	0.000021	0.000356	0.000002	0	0	0.000005	0.000002	0	0.000507	0	0.000507	0.000002	0	0
щ	0.000414	0.000002	0.000005	0	0.000002	0.00115	0.00115	0	0.000002	0.000821	0	0.000012	0	0.000005	0.000051	0.000028	0.000009	0.000005	0.000007	0.000002	0.000093	0	0	0	0.000002	0	0	0.000051	0	0.000051	0	0	0
ь	0.0002	0.000461	0.001613	0.000349	0.0006	0.00134	0.00134	0.000114	0.000572	0.000935	0	0.002036	0.000242	0.000775	0.002355	0.000882	0.001163	0.000216	0.002192	0.000663	0.000347	0.000047	0.000102	0.000086	0.000524	0.000551	0.000088	0	0	0	0.000179	0.000603	0.000593
ы	0.000079	0.000463	0.001412	0.000226	0.000351	0.000924	0.000924	0.000098	0.000305	0.000356	0.001878	0.000356	0.001657	0.001478	0.000933	0.000461	0.000719	0.000347	0.001287	0.000994	0.000233	0.000028	0.001075	0.000021	0.000268	0.000582	0.000005	0	0	0	0.000054	0	0.000109
ь	0.0002	0.000461	0.001613	0.000349	0.0006	0.00134	0.00134	0.000114	0.000572	0.000935	0	0.002036	0.000242	0.000775	0.002355	0.000882	0.001163	0.000216	0.002192	0.000663	0.000347	0.000047	0.000102	0.000086	0.000524	0.000551	0.000088	0	0	0	0.000179	0.000603	0.000593
э	0.000002	0	0.000014	0.000009	0.000012	0	0	0	0	0.000002	0.000047	0.000065	0.000012	0.000009	0.000014	0.000005	0.000026	0.000002	0.000005	0.003044	0.000002	0.000009	0.000016	0.000002	0.000002	0.000009	0	0	0	0	0.000002	0	0.000002
ю	0.000086	0.000679	0.000361	0.000119	0.000491	0.000093	0.000093	0.000058	0.000135	0.000212	0.000007	0.000342	0.0001	0.000226	0.000377	0.0002	0.000312	0.000316	0.000577	0.000468	0.00054	0.000014	0.00003	0.000005	0.000296	0.000042	0.000251	0	0	0	0.000035	0.000061	0.000056
я	0.000226	0.000477	0.001917	0.000403	0.001008	0.000479	0.000479	0.000316	0.000582	0.000921	0.000033	0.001022	0.001033	0.000768	0.00238	0.000812	0.001324	0.000328	0.001624	0.001971	0.000419	0.000044	0.000249	0.000035	0.000449	0.000072	0.000165	0	0	0	0.000128	0.000119	0.000221

$$H(Z) = -\sum_{i=1}^{n} p_i \log p_i \,.$$

Обчислюємо ентропію символів за формулою:

$$R = 1 - \frac{H_\infty}{H_0}$$

Надлишковість:

	A	B	C
1	**Показник**	**З пробілами**	**Без пробілів**
2	H1	4.357953	4.452091
3	R1	0.13608	0.109582
4	H2 (з пере	3.967175	4.138175
5	R2 (з пере	0.213548	0.172365
6	H2 (без пе	3.967294	4.138428
7	R2 (без пе	0.213524	0.172314
8			

2. За допомогою програми CoolPinkProgram оцінити значення

H (10), H (20) , H (30)

Надлишковість джерела відкритого тексту (мови) дорівнює $R = 1 - \frac{H_\infty}{H_0}$ і характеризує величину можливого ущільнення тексту деякою схемою кодування символів без втрати його змісту.

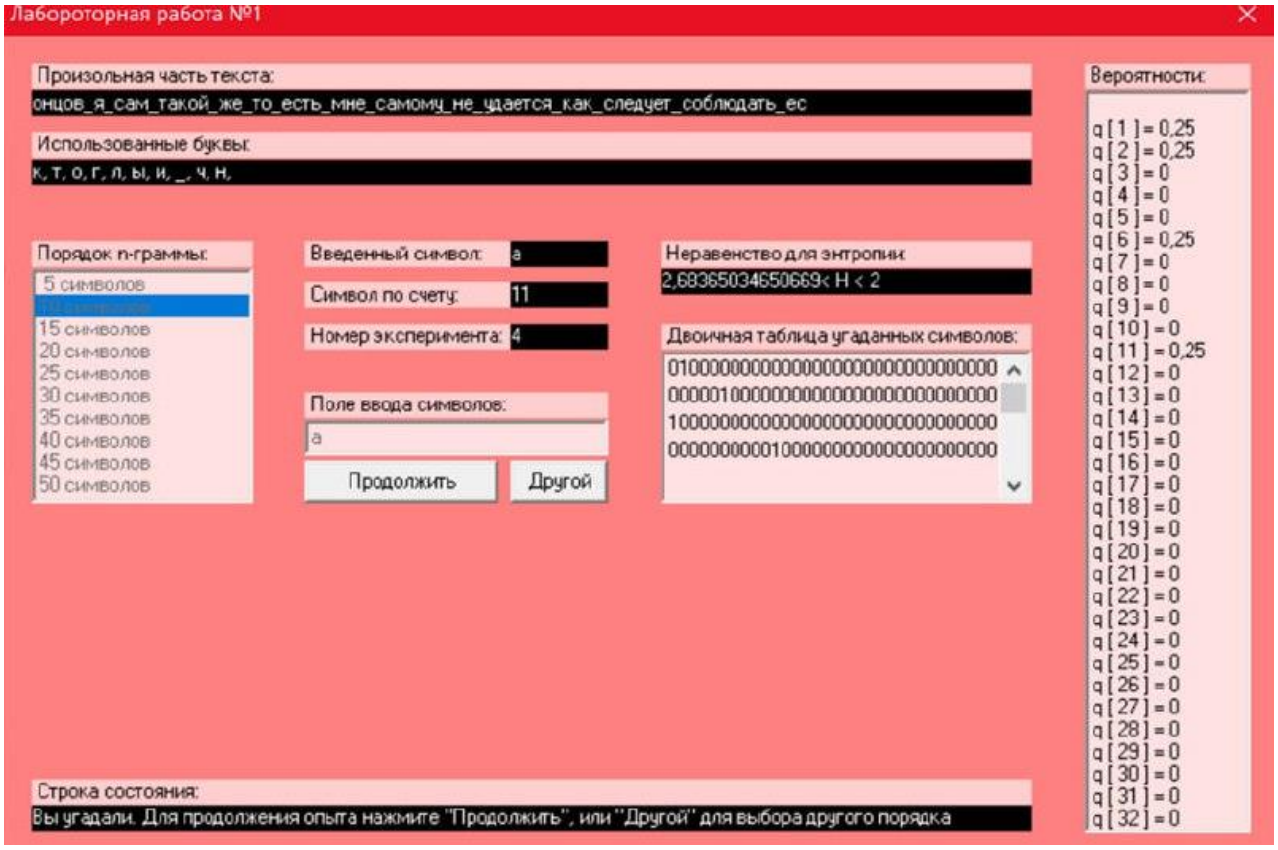
H∞ — це ентропія «нескінченного порядку» (умовна ентропія, яку оцінюють через експеримент з n-грамами, наприклад H(10),H(20),H(30)

H0=log2m, де m — кількість символів в алфавіті (для російської мови без пробілу ≈ 32, з пробілом ≈ 33).

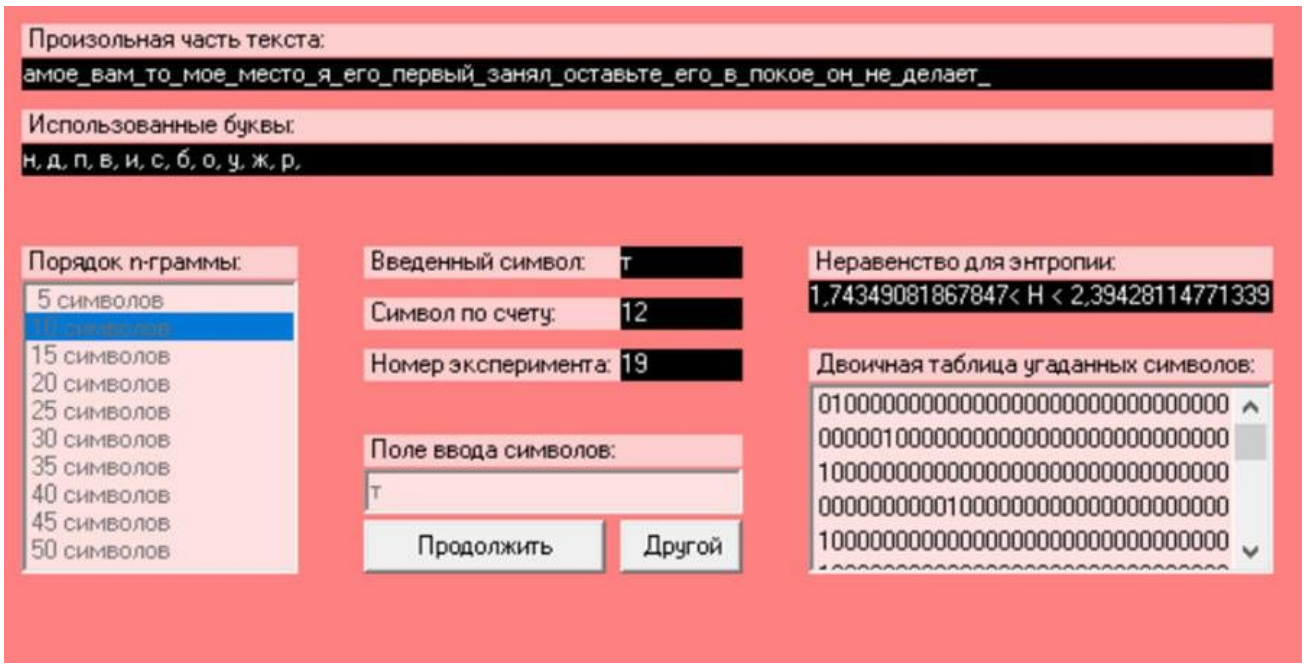
H(10)

Ентропія для H10: 2.028< H < 2.894

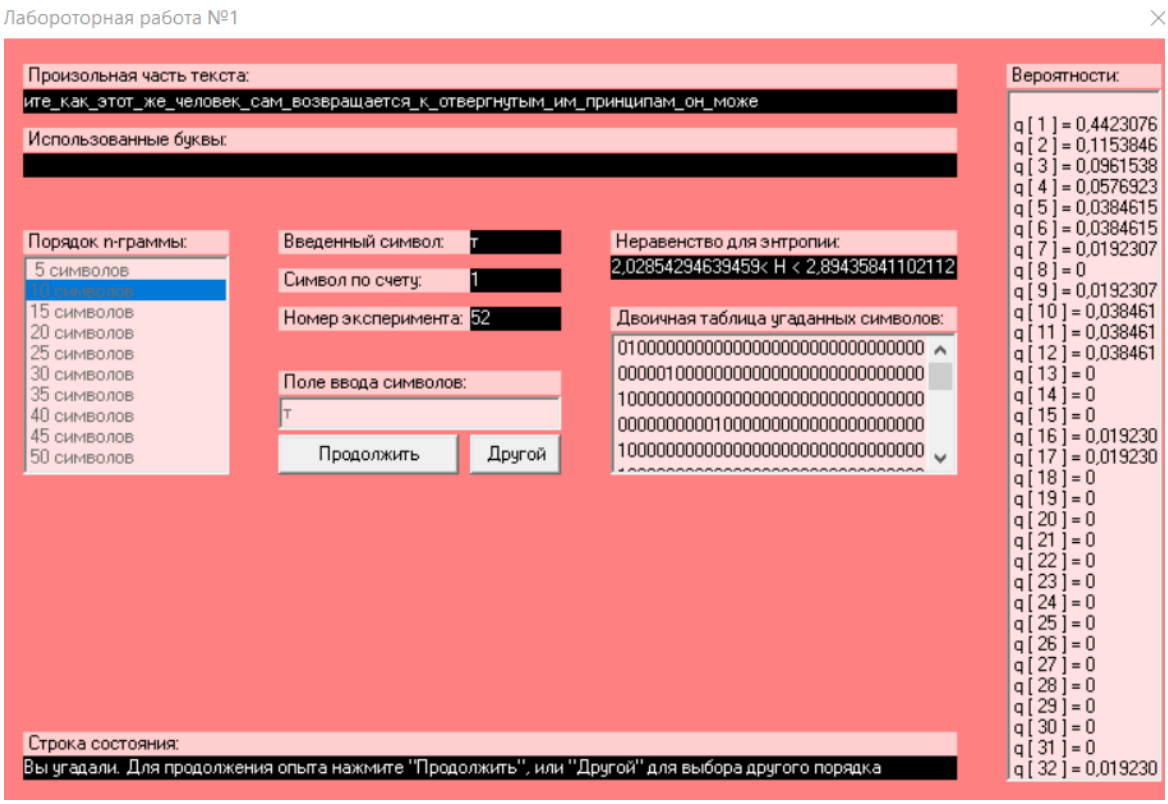
Надлишковість (R) 0.426< R <0.598



тут ми багато разів вгадували що може бути після с…



Найважче було вгадати перше слово, бо там було «амое вам_» і треба було вгадати, що буде після пробілу



H(20)

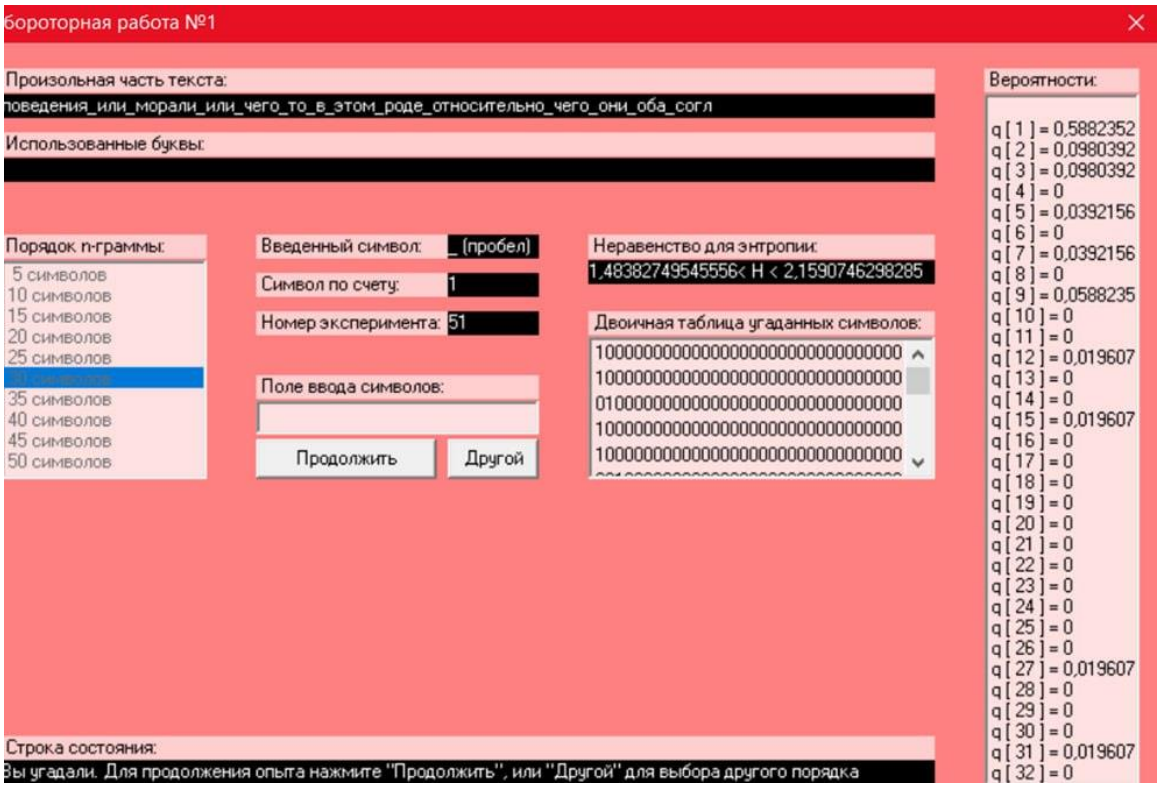
Ентропія 1.453 < H < 2.331

Надлишковість (R) 0.538< R <0.712

H(30)

Ентропія 1.484 < H < 2.159

Надлишковість (R) 0.572< R <0.706



Порядок n-грам	**Ентропія (H)**	**Надлишковість (R)**
10 символів	2.028<*H*<2.894	0.426<*R*<0.598
20 символів	1.453<*H*<2.331	0.538<*R*<0.712
30 символів	1.484<*H*<2.159	0.572<*R*<0.706

Висновок:

У роботі на основі книги російською мовою підраховано частоти літер і біграм для двох варіантів (з пробілом/без пробілу) та побудовано матриці біграм з перетином і без, що загалом дало 7 таблиць результатів.

За програмою CoolPinkProgram було досліджено ентропію та надлишковість відкритого тексту за допомогою n-грамного аналізу. Метою було визначити міру невпорядкованості тексту (ентропію *H*) та частку повторюваної інформації (надлишковість *R*).

Отримані результати:

$H10$:2.028<H<2.894

$R10$: 0.426<R<0.598

$H20$:1.452<H<2.330

$R20$: 0.538<R<0.712

$H30$:1.483<H<2.159

$R30$: 0.572<R<0.706

Аналіз показав, що зі збільшенням порядку n-грам ентропія зменшується, а надлишковість зростає.