

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет України  
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”  
Фізико-технічний інститут

Криптографія  
Комп’ютерний практикум №1

Підготували:  
студенти групи ФБ-02  
Сапегін Валентин  
Єсаф'єв Євгеній

Київ – 2022

## Експериментальна оцінка ентропії на символ джерела відкритого тексту

### 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.

### Постановка задачі:

- Написати програми для підрахунку частот букв і частот біграм в тексті, а також підрахунку  $H_1$  та  $H_2$  за безпосереднім означенням. Підрахувати частоти букв та біграм, а також значення  $H_1$  та  $H_2$  на довільно обраному тексті російською мовою достатньої довжини (щонайменше 1Мб), де імовірності замінити відповідними частотами. Також одержати значення  $H_1$  та  $H_2$  на тому ж тексті, в якому вилучено всі пробіли.
- За допомогою програми CoolPinkProgram оцінити значення  $H(10)$ ,  $H(20)$ ,  $H(30)$
- Використовуючи отримані значення ентропії, оцінити надлишковість російської мови в різних моделях джерела

### Хід роботи:

Як початковий текст ми використали книгу «Метро 2033» Дмитрія Глуховського (відповідний файл metro-2033.txt).

Почнемо із значень частот букв:

а	0.066737	р	0.038358
б	0.013488	с	0.044388
в	0.035097	т	0.055847
г	0.01489	у	0.023686
д	0.023977	ф	0.001007
е	0.07048	х	0.008355
ж	0.00821	ц	0.002923
з	0.014453	ч	0.012648
и	0.056373	ш	0.007412
й	0.009317	щ	0.00357
к	0.027153	ы	0.016253
л	0.040457	ь	0.016875
м	0.02767	э	0.002527
н	0.056532	ю	0.004431
о	0.094734	я	0.017178
п	0.023439		0.161534

# Частоти букв без пробілів:

а	0.079594	р	0.045748
б	0.016087	с	0.05294
в	0.041859	т	0.066606
г	0.017759	у	0.028249
д	0.028597	ф	0.001201
е	0.084058	х	0.009964
ж	0.009792	ц	0.003486
з	0.017238	ч	0.015085
и	0.067234	ш	0.00884
й	0.011112	щ	0.004258
к	0.032384	ы	0.019384
л	0.048251	ь	0.020126
м	0.033	э	0.003014
н	0.067423	ю	0.005284
о	0.112985	я	0.020488
п	0.027954		

# Частоти біграм, що перетинаються:

	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	й	к	л	м	н	о	п	р
а	4.1E-06	0.00064	0.00529	0.00109	0.00441	3.9E-05	0.00101	0.00518	9.9E-05	0	0.00604	0.00406	0.00273	0.00998	2.2E-05	0.00171	0.00721
б	0.00064	0	1.9E-05	2.1E-06	3.3E-05	0.00111	7.2E-06	0.00013	0.00054	0	0	2.7E-05	3.6E-05	1E-06	0.00354	0	0.00014
в	0.00322	3E-05	9.8E-05	5.1E-06	0.00073	0.00151	1E-06	0.00079	0.00239	0	0.0002	2.2E-05	1.8E-05	1.8E-05	0.00644	0	0.00051
г	0.00082	8.2E-06	4.4E-05	0	1E-05	0.00367	1.9E-05	0.00037	0.00056	1E-06	1E-06	0.00018	6.6E-05	2.8E-05	0.00437	0	0.00019
д	0.00181	1.3E-05	0.00045	0.0011	5.2E-05	0.00263	0.00066	0.00095	0.00152	0.0002	0	4.8E-05	0	0.0004	0.00445	0	0.0002
е	0.00098	0.00179	0.0046	0.00023	0.00407	0.00096	0.00345	0.00036	0.00212	0	0.00067	0.00398	0.00366	0.00949	0.00203	0.0024	0.00598
ж	0.00109	1.4E-05	3.1E-06	0	1.7E-05	0.00072	2.7E-05	5.3E-05	0.00039	0	7.2E-06	0.00033	3.1E-06	1.4E-05	0.00184	0	0.00033
з	0.00316	3.1E-06	0.00036	0	2.6E-05	0.00137	0	1.3E-05	0.00202	1E-06	6.3E-05	6.5E-05	2.1E-06	0.00014	0.0012	0	3.5E-05
и	0.00015	0.00084	0.00263	0.00075	0.00234	0.00015	0.00159	0.00037	0.00084	0	0.00282	0.00678	0.00294	0.00806	0.00079	0.00062	0.00396
й	0.00063	0	0	0	0	0.0018	0	0	0.00121	0	0	0	0	0	0.0039	0	0
к	0.00397	5.8E-05	0.00019	0.0001	0.00017	0.00137	9.7E-05	0.00016	0.00219	4.7E-05	2.7E-05	0.00051	0.00011	0.00029	0.00205	9.4E-05	0.00033
л	0.00811	0.00077	0.00065	0.00151	0.00054	0.00561	1.7E-05	0.00025	0.00468	5.1E-06	0.00051	0.00013	0.00024	0	0.00554	0.00084	8.2E-05
м	0.00327	4E-05	0.00011	0	9.2E-05	0.00626	1.5E-05	0.00028	0.00277	4.2E-05	0	6.2E-06	5.8E-05	0	0.00491	0	0.00036
н	0.00476	0.00025	0.00116	0.00039	0.00171	0.00587	0.00079	0.00156	0.00298	0.00029	0.0004	0.00032	0.00114	0.00332	0.00606	0.00013	0.00114
о	4.5E-05	0.00232	0.00565	0.00745	0.00362	0.00022	3.1E-05	0.00062	0.00029	2.1E-06	0.00768	0.00594	0.00324	0.00098	0.00027	0.0095	0.00736
п	0.00081	0	0.00035	0	7.4E-05	0.00096	0	0	0.00023	1E-06	3.1E-06	3.6E-05	9.1E-05	0	0.00141	4.2E-05	7.4E-05
р	0.00461	0.00131	0.00071	0.00096	0.0011	0.00618	6.3E-05	0.00031	0.0011	1E-06	0.00182	0	0.00012	1.7E-05	0.00493	0.00619	4.2E-05
с	0.00336	0.00015	0.00284	6.2E-06	0.00021	0.00389	6.4E-05	1E-06	0.00262	0.00034	0.00012	0.00193	0.00011	0.00033	0.00607	2.2E-05	0.00017
т	0.00453	5.1E-06	0.00037	1E-05	0.0002	0.00476	1E-06	8.2E-06	0.00321	0.00023	0.0007	7.5E-05	2.1E-06	0.0008	0.00728	7.3E-05	0.00284
у	9.8E-05	0.00084	0.00059	0.00047	0.00136	0.00015	0.0002	0.00045	3.1E-06	0	0.00156	0.00122	0.00241	0.00296	4.2E-05	0.001	0.00252
ф	7.5E-05	0	0	0	1E-06	1.5E-05	0	0	3.6E-05	5.1E-06	0	0	3.1E-06	3.6E-05	0.00011	0	5.6E-05
х	0.00092	3.5E-05	9.1E-05	0	4E-05	0.00055	0	0	0.00205	1.6E-05	0	1E-06	6.2E-06	0.00013	0.00064	0	0.00026
ц	0.00023	1E-06	4.1E-05	0	0.00013	0.00042	0	1E-05	0.00051	6.2E-05	4.6E-05	0	1.2E-05	0.00081	5.4E-05	3.1E-06	3.2E-05
ч	0.00103	1E-06	3.5E-05	3.5E-05	3.9E-05	0.00094	3.4E-05	1E-05	0.00113	0.00022	7.2E-06	0.00017	3.8E-05	0.00013	0.0015	1.3E-05	8.6E-05
ш	0.00078	1.6E-05	0.00096	2.1E-06	6.5E-05	0.001	0	4.1E-06	0.00051	8.5E-05	1.9E-05	1E-05	1E-06	9.2E-06	0.00067	3.1E-06	0.00016
щ	0.00036	0.00021	4.1E-06	0	0	0.00095	0	0	0.00027	0	0	1.2E-05	7.2E-06	5E-05	0.00028	0	3.1E-05
ы	0	0.00336	0.00219	0	0.00069	0	0	0.00046	0	0	0	0.00083	0.001	0.00379	0	0.0004	0.00152
ь	0	0.00019	0.00018	0	0.00051	0	2.9E-05	0.00014	0	0	0	0.00418	4.2E-05	0.00103	0	3E-05	0.00061
э	4.1E-06	2.1E-06	7.2E-06	0	4.1E-06	0	0	0	6.2E-06	0	0	0	1E-06	5.1E-06	8.3E-05	0	2.1E-06
ю	0.00091	1.8E-05	3.1E-06	0	1.1E-05	7.2E-05	0	6.2E-06	0.00034	0	0	0.00098	0	8.4E-05	0.00015	0	0.00014
я	0.00223	0.00042	0.00026	1E-06	0.00045	0.00016	0	0.00022	0.00119	0	0	0.00151	0.00038	0.00124	0.00071	0.00031	0.0012
_	0.01413	0.00015	0.00519	0.00079	0.00126	0.01714	0.00011	0.00173	0.01856	0.00777	0.00444	0.00712	0.00918	0.00356	0.02339	6.6E-05	0.00081

	с	т	у	ф	х	ц	ч	ш	щ	ы	ь	э	ю	я	_
а	0.00132	0.00696	3E-05	0.00012	0.00068	0.00043	0.00184	0.00111	0.00052	0	0	0	0	0	0.00422
б	7.3E-05	3.3E-05	0.00052	0	1E-06	0	0	0	0	0.00015	7E-05	2.1E-06	0.00017	7.2E-06	0.00624
в	0.00158	0.00194	0.00061	0	0.00017	5.6E-05	4.1E-06	2.8E-05	0	0.00094	1.1E-05	1.1E-05	1E-06	0.00027	0.01348
г	5.4E-05	1.6E-05	0.00103	3.1E-06	4.1E-06	0	6.2E-06	0	0	0.00015	1.1E-05	2.1E-06	2.2E-05	0.00012	0.00314
д	0.00025	0.00013	0.00162	0	0	1E-06	0	0	0	0.00016	1.7E-05	2.1E-06	0.00053	0.00072	0.00607
е	0.00336	0.00651	0.00011	0.00011	3.3E-05	0.00057	0.00373	0.00198	0.00172	0.00139	0.0003	0	3.1E-06	7.2E-05	0.00381
ж	3.8E-05	2.1E-06	0.00131	0	0	0	0	0	0	5.8E-05	1E-06	0	4.8E-05	0.0002	0.00171
з	4.2E-05	1.7E-05	0.00026	0	0	0	0	0	0	5.3E-05	0.0002	1E-06	1.5E-05	0.00021	0.0052
и	0.00134	0.00333	1.8E-05	0.00023	0.00014	0.00103	0.00149	0.00185	0.00098	1.2E-05	4.7E-05	0	0	1.8E-05	0.01021
й	0	0	5.9E-05	0	0	0	0	0	0	0.00165	0	1.6E-05	0	4.6E-05	0
к	0.00313	0.0008	0.00074	1E-06	5.1E-06	7.8E-05	0.00033	0.00033	0	0.00017	0.00121	3.3E-05	9.6E-05	0.00019	0.00826
л	0.00277	0.00018	0.00174	3.7E-05	0.00014	0	2.6E-05	0.00048	0	0.00227	0	3.8E-05	1.9E-05	0.00092	0.00235
м	0.00097	5.2E-05	0.00084	1E-06	4E-05	0	1E-06	3.6E-05	0	0.00127	0.00021	1E-05	4.8E-05	0.00048	0.0055
н	0.00115	0.00122	0.00079	2.1E-06	0.00028	7.2E-06	0.00087	0.00043	7.9E-05	0.00011	0.00144	1.2E-05	3.6E-05	0.00063	0.01721
о	0.00244	0.01372	1E-06	0.0004	0.00234	0.00021	0.00011	0.0002	2.1E-06	0	9.2E-06	0	0	0	0.01126
п	0.00195	9.4E-05	0.0006	0	0	0	1E-06	3.6E-05	0	0.00012	8.2E-06	9.2E-06	5.1E-06	4.4E-05	0.01649
р	0.00026	0.0033	0.00065	3.6E-05	0.00023	0	7.2E-06	9.2E-06	6.2E-06	0.00019	0	9.2E-06	2.4E-05	8.8E-05	0.00406
с	0.00065	0.00114	0.0013	4.1E-06	7.1E-05	0	0	0	0	0.00074	0.00124	4.9E-05	8.6E-05	0.00077	0.01611
т	0.01058	9.7E-05	0.00195	4.1E-06	2.5E-05	0	0.00312	6.6E-05	0	0.0007	6.5E-05	0.00225	0.00048	0.00149	0.00992
у	0.00065	0.00185	2.1E-06	2.7E-05	0.00015	7.7E-05	0.0006	0.00019	0.00018	2.1E-06	0	0	0	0	0.00411
ф	2.3E-05	9.3E-05	1.8E-05	7.2E-06	0	0	0	0	0	0	4.1E-06	1.4E-05	0	0	0.00051
х	0.00019	2.2E-05	0.00054	0	0	0	0	0	0	0.00122	0	3.8E-05	6.2E-06	0.00019	0.00141
ц	2.3E-05	2.2E-05	2.1E-05	0	0	0	0	7.2E-06	0	7.2E-06	0.00012	0	4.7E-05	1.4E-05	0.00029
ч	0.00019	0.00025	0.0008	4.1E-06	3.1E-06	0	0	0	0	0.0002	9.4E-05	1E-06	0.00012	7E-05	0.00551
ш	6.7E-05	1.7E-05	0.00061	0	1.9E-05	0	7.7E-05	0	0	0.00057	0.00076	5.1E-06	2.1E-06	1.3E-05	0.00098
щ	0	3.2E-05	0.00036	0	0	0	0	0	0	5.1E-06	6.2E-06	0	0.00058	0.00033	9.1E-05
ы	0.00029	0.00156	0	1E-05	0	0.00014	0	0	0	0	0	0	0	0	2.1E-06
ь	0.0033	0.00581	0	3.1E-06	0	0	0.00019	0.0006	2.8E-05	0	0	0	0	1E-06	0
э	5.1E-06	3.1E-06	2.5E-05	0	0	0	2.1E-06	3.1E-06	0	0	0	4.1E-06	0	0	0.00237
ю	0.00019	5.1E-05	0.00099	0	0	5.1E-06	0	1E-06	0	0	0.00029	0	2.2E-05	0.00011	6.3E-05
я	0.00472	0.00071	7.1E-05	1E-06	1E-06	0	0	0	0	1.2E-05	0.00034	0	0	9.7E-05	0.00094
	0.00277	0.00589	0.00609	8.2E-06	0.00402	0.00031	0.00024	5.3E-05	6.4E-05	0.00412	0.01042	1.8E-05	0.00207	0.01008	0

Частоти біграм без пробілів, що перетинаються:

	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	й	к	л	м	н	о	п	р
а	0,00051	0,000768	0,006438	0,001316	0,005308	0,000352	0,001206	0,006216	0,000716	0,000308	0,007326	0,005327	0,003501	0,011995	0,000532	0,00204	0,008656
б	0,001369	7,34E-06	0,000166	4,16E-05	8,56E-05	0,002508	1,1E-05	0,00021	0,001464	0,000372	0,000193	0,00028	0,000411	0,000209	0,005525	9,79E-06	0,000191
в	0,005173	4,04E-05	0,000394	8,93E-05	0,000985	0,003415	9,79E-06	0,001062	0,004899	0,000678	0,000623	0,000694	0,000941	0,000377	0,01015	4,89E-06	0,000683
г	0,001284	9,79E-06	0,000303	9,79E-06	8,44E-05	0,00476	2,57E-05	0,000509	0,001105	0,000294	9,54E-05	0,000433	0,00028	9,66E-05	0,005662	0	0,000241
д	0,002745	1,96E-05	0,000768	0,001344	0,000102	0,003941	0,000794	0,001216	0,002718	0,000634	0,000176	0,000295	0,000439	0,000665	0,006358	1,22E-05	0,00028
е	0,001551	0,002137	0,005659	0,000289	0,004887	0,001457	0,004114	0,000467	0,003067	0,000131	0,000916	0,005272	0,004568	0,011383	0,003036	0,002861	0,007142
ж	0,00143	1,71E-05	4,77E-05	7,34E-06	2,57E-05	0,00109	3,3E-05	7,09E-05	0,000646	0,000157	0,000139	0,000454	0,000135	4,28E-05	0,002532	0	0,000407
з	0,004252	3,67E-06	0,000594	5,02E-05	0,000121	0,002429	1,22E-06	0,000131	0,003133	0,000246	0,000218	0,00029	0,000358	0,000329	0,002428	2,45E-06	8,32E-05
и	0,001246	0,001018	0,003403	0,000942	0,002914	0,00131	0,0019	0,000515	0,002177	0,000706	0,003807	0,008604	0,00421	0,009908	0,002442	0,000745	0,0048
й	0,000752	0	0	0	0	0,002152	0	0	0,001446	0	0	0	0	0	0,004653	0	0
к	0,005705	7,46E-05	0,000729	0,00017	0,000279	0,002492	0,000122	0,000372	0,00359	0,000602	0,00028	0,000997	0,000658	0,000494	0,00371	0,000117	0,000438
л	0,009893	0,000919	0,000891	0,001813	0,000686	0,006998	2,69E-05	0,000311	0,005896	0,000204	0,00067	0,000251	0,000407	2,32E-05	0,00707	0,001003	0,000105
м	0,004514	5,14E-05	0,000378	2,32E-05	0,000153	0,008331	2,08E-05	0,000406	0,003961	0,000437	0,000198	0,000215	0,000445	0,000144	0,006751	0	0,00047
н	0,007579	0,000317	0,001945	0,000568	0,002265	0,008922	0,000961	0,002113	0,00596	0,000992	0,001051	0,001227	0,00252	0,004454	0,010055	0,00016	0,001478
о	0,001154	0,0028	0,007135	0,008949	0,0044	0,001793	4,16E-05	0,000868	0,00204	0,000498	0,00949	0,007875	0,004656	0,011978	0,002264	0,011336	0,008849
п	0,002834	9,79E-06	0,001139	0,000127	0,000231	0,003268	1,71E-05	0,000246	0,002718	0,000894	0,000491	0,000719	0,001364	0,000525	0,004498	5,63E-05	0,000182
р	0,005908	0,00156	0,00103	0,001178	0,001335	0,007966	7,71E-05	0,000421	0,001863	0,000356	0,002287	0,000208	0,000443	0,000124	0,006521	0,00738	7,46E-05
с	0,005812	0,000185	0,004088	0,000119	0,000385	0,006729	8,93E-05	0,000224	0,005305	0,001404	0,000652	0,003045	0,001292	0,000842	0,010026	3,06E-05	0,000275
т	0,0064	1,22E-05	0,000961	3,91E-05	0,000305	0,006867	2,32E-05	0,000147	0,005113	0,000782	0,001235	0,000473	0,000572	0,001167	0,010778	9,05E-05	0,00342
у	0,000491	0,00101	0,000787	0,000588	0,001657	0,000755	0,000234	0,000577	0,000634	0,000197	0,001976	0,001671	0,003233	0,003684	0,00074	0,001189	0,003032
ф	0,000148	0	2,2E-05	4,89E-06	2,45E-06	9,3E-05	1,22E-06	6,12E-06	9,66E-05	7,46E-05	3,67E-06	2,32E-05	2,81E-05	4,65E-05	0,000197	0	6,73E-05
х	0,001206	4,4E-05	0,000147	6,12E-06	5,63E-05	0,000932	2,45E-06	1,83E-05	0,00262	0,0001	5,38E-05	0,000109	0,000106	0,000187	0,000991	0	0,000324
ц	0,000302	1,22E-06	7,95E-05	4,89E-06	0,000161	0,000527	0	1,59E-05	0,000645	0,000116	6,97E-05	9,79E-06	3,67E-05	0,000971	0,000109	3,67E-06	3,91E-05
ч	0,001632	2,45E-06	0,000186	6,12E-05	7,83E-05	0,001801	4,16E-05	6,36E-05	0,002001	0,000557	0,000245	0,000634	0,000438	0,000258	0,002894	1,71E-05	0,000122
ш	0,001034	1,96E-05	0,001199	3,67E-06	7,95E-05	0,001326	0	2,57E-05	0,000752	0,000218	5,38E-05	4,89E-05	6,61E-05	5,87E-05	0,000947	3,67E-06	0,000198
щ	0,000445	0,000245	7,34E-06	1,22E-06	1,22E-06	0,00115	0	0	0,000331	1,35E-05	2,45E-06	1,47E-05	1,1E-05	6,12E-05	0,000355	0	3,79E-05
ы	0	0,004009	0,002618	0	0,000828	0	0	0,000549	1,22E-06	0	0	0,000992	0,001189	0,004515	0	0,000481	0,001814
ь	0	0,000225	0,00022	0	0,000604	0	3,43E-05	0,000164	0	0	0	0,004987	5,02E-05	0,001232	0	3,55E-05	0,000724
э	0,000347	6,12E-05	0,000183	7,34E-06	2,57E-05	0,000274	3,67E-06	3,55E-05	0,000283	6,73E-05	9,91E-05	8,56E-05	0,000116	5,75E-05	0,000538	1,22E-06	1,35E-05
ю	0,001102	2,2E-05	9,79E-06	0	1,35E-05	9,17E-05	0	1,1E-05	0,000407	8,56E-06	1,22E-06	0,001168	2,45E-06	0,0001	0,000181	0	0,000165
я	0,002767	0,000499	0,000328	6,12E-06	0,000538	0,000289	1,22E-06	0,000267	0,001534	6,73E-05	3,06E-05	0,001848	0,000524	0,001487	0,00104	0,000374	

	с	т	у	ф	х	ц	ч	ш	щ	ы	ь	э	ю	я
а	0,001656	0,008512	0,000311	0,000142	0,000935	0,00052	0,002205	0,001324	0,00063	0,000111	0,000281	0	6,97E-05	0,000373
б	0,000188	0,000259	0,000816	0	0,000206	9,79E-06	3,67E-06	4,89E-06	2,45E-06	0,000354	0,000508	3,67E-06	0,00027	0,000407
в	0,002056	0,002948	0,001322	0	0,000594	9,91E-05	3,18E-05	3,67E-05	2,45E-06	0,00159	0,001207	1,47E-05	0,000185	0,001551
г	0,000149	0,000133	0,001302	4,89E-06	0,0001	3,67E-06	1,1E-05	3,67E-06	1,22E-06	0,000261	0,000157	2,45E-06	9,05E-05	0,000347
д	0,00047	0,000394	0,002192	1,22E-06	0,000187	2,08E-05	1,22E-05	1,22E-06	0	0,000367	0,00045	2,45E-06	0,000706	0,001284
е	0,004076	0,007931	0,00025	0,000132	0,000119	0,000686	0,004454	0,002366	0,002049	0,001777	0,000838	0	3,79E-05	0,000367
ж	8,32E-05	0,000128	0,001637	0	5,02E-05	2,45E-06	2,45E-06	1,22E-06	0	0,000128	7,95E-05	0	9,79E-05	0,000347
з	0,000152	0,00019	0,000511	0	0,000144	9,79E-06	1,47E-05	0	0	0,000237	0,00058	3,67E-06	9,66E-05	0,000629
и	0,001711	0,004486	0,000577	0,000279	0,000513	0,001255	0,001799	0,002212	0,001171	0,000457	0,000942	3,67E-06	0,000169	0,0009
й	0	0	7,09E-05	0	0	0	0	0	0	0,001963	0	1,96E-05	0	5,5E-05
к	0,004	0,001291	0,001309	2,45E-06	0,000283	0,000113	0,00041	0,000391	6,12E-06	0,000422	0,002116	3,91E-05	0,000285	0,000886
л	0,003341	0,00033	0,002141	4,4E-05	0,000281	1,22E-06	3,43E-05	0,000577	0	0,002768	0,000175	4,53E-05	8,07E-05	0,001264
м	0,001278	0,000333	0,001308	1,22E-06	0,000212	9,79E-06	1,22E-05	4,89E-05	7,34E-06	0,001666	0,000602	1,22E-05	0,000135	0,000877
н	0,001839	0,002228	0,001947	3,67E-06	0,000728	4,53E-05	0,001059	0,000515	0,000105	0,000642	0,003268	1,59E-05	0,000237	0,002216
о	0,003122	0,016796	0,000421	0,000473	0,00312	0,000294	0,000149	0,000243	4,89E-06	0,000351	0,000854	0	0,000183	0,000845
п	0,002662	0,000735	0,001413	1,22E-06	0,00052	4,4E-05	2,45E-05	5,14E-05	0	0,00065	0,001163	1,47E-05	0,000223	0,001134
р	0,000366	0,004106	0,000938	4,28E-05	0,000428	9,79E-06	1,47E-05	1,35E-05	2,94E-05	0,00035	0,000254	1,1E-05	0,000114	0,00034
с	0,000992	0,002012	0,002207	4,89E-06	0,000623	3,79E-05	3,18E-05	7,34E-06	0	0,001343	0,00267	6,24E-05	0,0004	0,002048
т	0,012954	0,000593	0,002729	6,12E-06	0,000289	1,83E-05	0,003733	8,44E-05	1,22E-06	0,001081	0,000787	0,002681	0,000741	0,002521
у	0,000875	0,002391	0,000171	3,18E-05	0,000283	0,000108	0,000729	0,00023	0,00021	0,000172	0,000292	0	3,91E-05	0,000262
ф	4,53E-05	0,000126	3,3E-05	8,56E-06	4,04E-05	1,22E-06	1,22E-05	0	1,22E-06	8,56E-06	2,45E-05	1,83E-05	2,57E-05	4,16E-05
х	0,000263	6,48E-05	0,000717	0	3,67E-05	3,67E-06	2,45E-06	1,22E-06	0	0,001492	9,66E-05	4,65E-05	1,71E-05	0,000319
ц	3,18E-05	3,79E-05	2,69E-05	0	1,1E-05	0	0	8,56E-06	0	1,47E-05	0,000164	0	6,48E-05	3,43E-05
ч	0,000287	0,000576	0,001292	4,89E-06	0,000122	6,12E-06	7,34E-06	2,45E-06	0	0,000349	0,000652	1,22E-06	0,000223	0,000531
ш	9,42E-05	5,26E-05	0,000754	0	6,97E-05	6,12E-06	9,3E-05	0	0	0,000695	0,000952	7,34E-06	1,71E-05	6,73E-05
щ	0	3,91E-05	0,000428	0	2,45E-06	0	0	0	1,22E-06	7,34E-06	1,22E-05	0	0,000691	0,0004
ы	0,000345	0,001862	0	1,22E-05	0	0,000169	0	0	0	1,22E-06	0	0	0	0
ь	0,00394	0,006928	0	3,67E-06	0	0	0,000231	0,000712	3,3E-05	0	0	0	0	1,22E-06
э	7,95E-05	0,000137	0,000108	0	4,16E-05	7,34E-06	4,89E-06	3,67E-06	2,45E-06	8,44E-05	0,000182	6,12E-06	3,06E-05	0,000125
ю	0,00024	6,48E-05	0,001184	0	1,22E-06	6,12E-06	0	1,22E-06	0	1,22E-06	0,000346	0	2,57E-05	0,00013
я	0,005645	0,00092	0,000136	1,22E-06	2,57E-05	0	1,22E-06	0	0	3,91E-05	0,000472	0	2,94E-05	0,000179

## Частоти біграм, що не перетинаються:

	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	й	к	л	м	н	о	п	р
а	6.15E-06	0.00062	0.00534	0.00115	0.00435	4.3E-05	0.00097	0.00523	8.6E-05	0	0.00597	0.00408	0.00278	0.01009	1.2E-05	0.00172	0.00721
б	0.00065	0	1E-05	2.1E-06	3.3E-05	0.00113	1.2E-05	0.00015	0.00055	0	0	1.8E-05	4.1E-05	2.1E-06	0.00349	0	0.00013
в	0.00331	2.5E-05	8.6E-05	0	0.0007	0.00154	0	0.0008	0.00237	0	0.00022	1.6E-05	2.1E-05	1.8E-05	0.00637	0	0.0005
г	0.00082	8.2E-06	5.1E-05	0	8.2E-06	0.00355	1.8E-05	0.00038	0.00056	0	0	0.00019	7.8E-05	3.3E-05	0.00425	0	0.00019
д	0.00173	1.6E-05	0.00046	0.00111	5.9E-05	0.0027	0.00065	0.00095	0.00163	0.00018	0	3.3E-05	0	0.00043	0.00451	0	0.00018
е	0.001	0.00174	0.00462	0.00025	0.00408	0.00096	0.00347	0.00037	0.00021	0	0.00064	0.00391	0.00366	0.00945	0.00203	0.0024	0.00616
ж	0.00103	1.2E-05	2.1E-06	0	2.1E-05	0.00073	3.1E-05	5.3E-05	0.00036	0	8.2E-06	0.00033	4.1E-06	4.1E-06	0.00189	0	0.00032
з	0.00305	2.1E-06	0.00035	0	2.7E-05	0.00132	0	2.1E-05	0.00202	0	7.2E-05	5.7E-05	4.1E-06	0.00014	0.00122	0	4.3E-05
и	0.00015	0.00084	0.00258	0.0008	0.00233	0.00015	0.00159	0.0004	0.0009	0	0.00287	0.00681	0.00302	0.00807	0.00077	0.00064	0.00399
й	0.00064	0	0	0	0	0.0019	0	0	0.00116	0	0	0	0	0	0.00391	0	0
к	0.00391	5.5E-05	0.00018	0.0001	0.00015	0.00144	0.0001	0.00018	0.00213	3.5E-05	3.3E-05	0.00054	0.00013	0.00029	0.00201	6.8E-05	0.00032
л	0.00826	0.0008	0.00062	0.00146	0.0005	0.00556	2.3E-05	0.00023	0.00458	6.2E-06	0.00049	0.00013	0.00026	0	0.00559	0.00081	9.8E-05
м	0.00322	3.3E-05	0.00011	0	9.4E-05	0.00617	1.6E-05	0.00029	0.00279	5.3E-05	0	8.2E-06	5.9E-05	0	0.00482	0	0.00037
н	0.00469	0.00028	0.00116	0.00039	0.00167	0.00583	0.00078	0.00157	0.00301	0.0003	0.00039	0.0003	0.00113	0.00331	0.00585	0.00012	0.00111
о	3.7E-05	0.00228	0.00562	0.00766	0.00361	0.00021	3.3E-05	0.00065	0.0003	0	0.00778	0.00604	0.00323	0.00987	0.00026	0.00951	0.00738
п	0.0008	0	0.00031	0	7.8E-05	0.00098	0	0	0.00023	2.1E-06	2.1E-06	3.9E-05	9.4E-05	0	0.0014	4.5E-05	8.2E-05
р	0.0047	0.0013	0.00071	0.00094	0.00107	0.00606	5.7E-05	0.00032	0.0011	0	0.00181	0	0.00012	1.8E-05	0.00493	0.0062	3.9E-05
с	0.00332	0.00016	0.00285	2.1E-06	0.00021	0.00382	7.4E-05	2.1E-06	0.00263	0.00031	0.00011	0.00192	0.00011	0.00031	0.00604	2.1E-05	0.00015
т	0.00445	8.2E-06	0.00035	1.2E-05	0.00019	0.00469	0	1.2E-05	0.0032	0.00025	0.00066	8.6E-05	2.1E-06	0.0008	0.00735	8E-05	0.00278
у	9.2E-05	0.00086	0.00062	0.0005	0.00134	0.00016	0.00021	0.00041	4.1E-06	0	0.00156	0.00124	0.00249	0.00296	4.3E-05	0.00103	0.00252
ф	8.8E-05	0	0	0	0	1.6E-05	0	0	3.9E-05	6.2E-06	0	0	6.2E-06	3.7E-05	0.00012	0	5.5E-05
х	0.00088	4.5E-05	8.4E-05	0	4.3E-05	0.00056	0	0	0.00209	1.2E-05	0	2.1E-06	4.1E-06	0.00013	0.00066	0	0.00026
ц	0.00023	2.1E-06	3.7E-05	0	0.00016	0.00042	0	2.1E-05	0.00051	5.9E-05	5.7E-05	0	1.5E-05	0.00084	5.3E-05	2.1E-06	3.9E-05
ч	0.00107	2.1E-06	3.7E-05	3.1E-05	3.7E-05	0.0009	2.7E-05	6.2E-06	0.00114	0.00021	1.2E-05	0.0002	3.5E-05	0.00013	0.0015	1.8E-05	8.4E-05
ш	0.00079	1.8E-05	0.00099	2.1E-06	5.3E-05	0.00103	0	4.1E-06	0.00051	8.8E-05	1.2E-05	1E-05	0	1E-05	0.00066	2.1E-06	0.00018
щ	0.00036	0.00021	4.1E-06	0	0	0.001	0	0	0.00025	0	0	1.2E-05	1.2E-05	3.9E-05	0.00026	0	3.3E-05
ы	0	0.00335	0.00221	0	0.00069	0	0	0.00046	0	0	0.00087	0.00097	0.00375	0	0.0004	0.00152	
ь	0	0.00021	0.00018	0	0.00052	0	2.9E-05	0.00012	0	0	0.00406	3.7E-05	0.00102	0	3.9E-05	0.00063	
э	0	4.1E-06	8.2E-06	0	6.2E-06	0	0	0	6.2E-06	0	0	0	2.1E-06	0	9.8E-05	0	4.1E-06
ю	0.00095	2.1E-05	2.1E-06	0	1.2E-05	8.2E-05	0	4.1E-06	0.00035	0	0	0.0009	0	8E-05	0.00017	0	0.00014
я	0.00225	0.00041	0.00028	2.1E-06	0.00046	0.00016	0	0.00019	0.00123	0	0	0.00157	0.0004	0.00124	0.00067	0.00032	0.00119
_	0.0141	0.00016	0.00515	0.00076	0.00135	0.01719	0.00012	0.00172	0.01834	0.00769	0.00451	0.00706	0.00914	0.00373	0.02326	7.4E-05	0.00077



	с	т	у	ф	х	ц	ч	ш	щ	ы	ь	э	ю	я	_
а	0.00133	0.0071	2.7E-05	0.0001	0.00071	0.00041	0.00181	0.0011	0.00054	0	0	0	0	0	0.00409
б	6.8E-05	1.6E-05	0.00053	0	2.1E-06	0	0	0	0	0.00012	6.4E-05	2.1E-06	0.00018	6.2E-06	0.00632
в	0.00163	0.00191	0.00063	0	0.0002	6.4E-05	4.1E-06	2.9E-05	0	0.00091	1.2E-05	1.2E-05	2.1E-06	0.00027	0.01353
г	5.1E-05	1.4E-05	0.00101	0	6.2E-06	0	4.1E-06	0	0	0.00013	1.4E-05	2.1E-06	1.4E-05	0.00014	0.0031
д	0.00026	0.00013	0.00157	0	0	0	0	0	0	0.00017	1.6E-05	4.1E-06	0.00054	0.00069	0.0061
е	0.00336	0.00663	0.00011	0.0001	4.1E-05	0.00054	0.00366	0.00195	0.0017	0.00138	0.00029	0	4.1E-06	8.6E-05	0.00393
ж	4.1E-05	0	0.00132	0	0	0	0	0	0	6.4E-05	0	0	4.3E-05	0.00022	0.00173
з	4.3E-05	1.6E-05	0.00024	0	0	0	0	0	0	6.4E-05	0.00019	0	1.2E-05	0.00022	0.00523
и	0.00135	0.00331	1.6E-05	0.00026	0.00017	0.00098	0.00153	0.00182	0.00096	1.4E-05	4.9E-05	0	0	2.1E-05	0.01021
й	0	0	6.4E-05	0	0	0	0	0	0	0.0017	0	1.4E-05	0	3.9E-05	0
к	0.00315	0.0008	0.00073	0	4.1E-06	7.6E-05	0.00029	0.00033	0	0.00018	0.00129	3.7E-05	9.8E-05	0.00017	0.00828
л	0.00273	0.00018	0.00173	4.3E-05	0.00013	0	2.9E-05	0.00054	0	0.00231	0	3.9E-05	2.1E-05	0.00093	0.00238
м	0.00093	4.5E-05	0.00089	0	4.9E-05	0	2.1E-06	3.3E-05	0	0.00127	0.00019	1E-05	5.5E-05	0.00047	0.00553
н	0.00115	0.00122	0.00082	2.1E-06	0.00032	8.2E-06	0.00089	0.00041	8E-05	0.00013	0.00147	4.1E-06	3.1E-05	0.00059	0.01722
о	0.00247	0.01378	2.1E-06	0.00042	0.00227	0.00021	0.0001	0.00018	2.1E-06	0	6.2E-06	0	0	0	0.01133
п	0.00188	9.4E-05	0.00063	0	0	0	0	2.9E-05	0	0.00013	0	8.2E-06	4.1E-06	5.3E-05	0.01649
р	0.00026	0.0033	0.00065	3.5E-05	0.00025	0	6.2E-06	1.2E-05	2.1E-06	0.00018	0	8.2E-06	1.8E-05	9.6E-05	0.00404
с	0.00065	0.00112	0.00129	6.2E-06	8E-05	0	0	0	0	0.00074	0.00125	5.9E-05	9.2E-05	0.00076	0.01629
т	0.01053	7E-05	0.00196	2.1E-06	2.7E-05	0	0.00311	5.9E-05	0	0.00073	5.7E-05	0.00226	0.00045	0.00151	0.00999
у	0.00062	0.00178	4.1E-06	2.1E-05	0.00014	7.2E-05	0.0006	0.0002	0.0002	2.1E-06	0	0	0	0	0.00411
ф	2.1E-05	8.4E-05	1.8E-05	8.2E-06	0	0	0	0	0	0	4.1E-06	8.2E-06	0	0	0.00048
х	0.00017	8.2E-06	0.00053	0	0	0	0	0	0	0.00125	0	3.1E-05	6.2E-06	0.00018	0.00139
ц	2.9E-05	2.3E-05	1.2E-05	0	0	0	0	8.2E-06	0	2.1E-06	0.00014	0	5.7E-05	1E-05	0.00029
ч	0.00018	0.00026	0.00081	4.1E-06	0	0	0	0	0	0.00019	0.00011	0	0.00012	5.7E-05	0.00555
ш	4.7E-05	1.2E-05	0.00061	0	1.4E-05	0	7.6E-05	0	0	0.00056	0.00079	6.2E-06	2.1E-06	1.4E-05	0.00098
щ	0	3.7E-05	0.00037	0	0	0	0	0	0	4.1E-06	2.1E-06	0	0.00054	0.00033	9.6E-05
ы	0.00029	0.00144	0	6.2E-06	0	0.00016	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ь	0.00333	0.00583	0	2.1E-06	0	0	0.00021	0.0006	3.1E-05	0	0	0	0	0	0
э	4.1E-06	4.1E-06	2.5E-05	0	0	0	4.1E-06	2.1E-06	0	0	0	8.2E-06	0	0	0.00233
ю	0.00021	4.7E-05	0.00099	0	0	6.2E-06	0	0	0	0	0.00028	0	3.3E-05	0.00012	8.6E-05
я	0.00478	0.00075	7.6E-05	2.1E-06	0	0	0	0	0	1.2E-05	0.00034	0	0	0.0001	0.00093
_	0.00287	0.006	0.00593	6.2E-06	0.00396	0.00031	0.00023	4.1E-05	5.9E-05	0.00415	0.01034	3.1E-05	0.00206	0.00992	0

Частоти біграм без пробілів, що не перетинаються:

	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	й	к	л	м	н	о	п	р
а	0,00049	0,00074	0,00643	0,0013	0,00528	0,00034	0,00118	0,00628	0,00072	0,00031	0,00739	0,00543	0,00361	0,01195	0,00051	0,00193	0,00858
б	0,00132	9,8E-06	0,00015	3,2E-05	9,5E-05	0,00259	7,3E-06	0,00024	0,00144	0,00036	0,0002	0,00026	0,00042	0,0002	0,00565	1,2E-05	0,00021
в	0,00516	4,6E-05	0,00043	8,6E-05	0,00096	0,00328	1,2E-05	0,00107	0,00502	0,00066	0,0006	0,00068	0,00095	0,0004	0,01014	4,9E-06	0,00067
г	0,00128	2E-05	0,00028	9,8E-06	7,3E-05	0,00495	2,2E-05	0,00055	0,00109	0,00031	0,0001	0,00041	0,00029	8,6E-05	0,00566	0	0,00024
д	0,00282	2,2E-05	0,00074	0,00134	9,3E-05	0,004	0,00074	0,00121	0,00262	0,00066	0,00018	0,0003	0,00041	0,00066	0,0063	1,7E-05	0,00027
е	0,0016	0,0021	0,00555	0,00027	0,00501	0,0015	0,0043	0,00047	0,00302	0,00014	0,00095	0,00532	0,00459	0,01152	0,00301	0,00285	0,007
ж	0,00143	1,2E-05	5,6E-05	1,2E-05	2,9E-05	0,00109	2,7E-05	7,3E-05	0,00071	0,00016	0,00014	0,00043	0,00013	2,7E-05	0,00248	0	0,00041
з	0,00424	7,3E-06	0,00058	5,4E-05	0,00014	0,00248	0	0,00013	0,00305	0,00024	0,00021	0,00027	0,00031	0,00031	0,00236	0	8,3E-05
и	0,00119	0,00103	0,00344	0,00092	0,00295	0,0013	0,00191	0,00051	0,00235	0,00072	0,00384	0,0087	0,00416	0,00992	0,0026	0,00071	0,00489
й	0,00073	0	0	0	0	0,00212	0	0	0,00151	0	0	0	0	0	0,00471	0	0
к	0,0056	6,4E-05	0,00071	0,00016	0,00024	0,00254	0,00011	0,00037	0,00351	0,00062	0,00026	0,00099	0,00061	0,00052	0,00369	0,0001	0,00042
л	0,00989	0,0009	0,00088	0,00177	0,00066	0,00691	2E-05	0,0003	0,00592	0,00019	0,00066	0,00027	0,00042	1,7E-05	0,00709	0,00102	0,00011
м	0,00442	3,7E-05	0,00035	2,4E-05	0,00016	0,00827	9,8E-06	0,00042	0,00387	0,00045	0,00018	0,00021	0,00043	0,00015	0,00671	0	0,0005
н	0,0076	0,00032	0,00197	0,0006	0,00229	0,00869	0,00094	0,00212	0,00603	0,00096	0,00108	0,00121	0,00254	0,00446	0,00986	0,00018	0,00146
о	0,00121	0,00279	0,00726	0,00884	0,00445	0,00177	4,2E-05	0,00088	0,00197	0,00053	0,00953	0,0079	0,00477	0,01188	0,00224	0,01136	0,00873
п	0,00287	1,5E-05	0,00119	0,00013	0,00021	0,0032	1,7E-05	0,00025	0,00257	0,00095	0,0005	0,00074	0,00135	0,00053	0,00461	5,1E-05	0,00021
р	0,00593	0,00153	0,00103	0,00119	0,00136	0,00804	7,6E-05	0,00043	0,0019	0,00033	0,00232	0,00021	0,00044	0,00011	0,00657	0,00749	7,6E-05
с	0,00582	0,00016	0,00419	0,00011	0,00036	0,00682	9,1E-05	0,00023	0,0053	0,0014	0,00069	0,003	0,00134	0,00086	0,00999	2,7E-05	0,00026
т	0,00644	1,5E-05	0,001	3,9E-05	0,00033	0,00675	2,2E-05	0,00011	0,00499	0,00071	0,00124	0,00049	0,00061	0,00119	0,01085	9,5E-05	0,00343
у	0,00047	0,00097	0,00075	0,00056	0,00165	0,00069	0,00023	0,00059	0,00067	0,0002	0,00188	0,00166	0,00329	0,00368	0,00074	0,00117	0,00302
ф	0,00015	0	1,5E-05	4,9E-06	4,9E-06	8,1E-05	2,4E-06	9,8E-06	9,3E-05	9,8E-05	0	2E-05	2E-05	6,1E-05	0,00021	0	7,8E-05
х	0,00122	5,1E-05	0,00016	4,9E-06	6,4E-05	0,00093	0	1,7E-05	0,00269	9,5E-05	4,6E-05	0,00012	0,0001	0,0002	0,00095	0	0,00028
ц	0,00036	2,4E-06	9,8E-05	4,9E-06	0,00016	0,0005	0	1,2E-05	0,00065	0,00011	6,9E-05	9,8E-06	4,2E-05	0,00092	0,00011	2,4E-06	3,2E-05
ч	0,00162	2,4E-06	0,00019	6,1E-05	5,9E-05	0,0018	4,9E-05	6,1E-05	0,00198	0,00056	0,00025	0,00067	0,00044	0,00024	0,00284	1,2E-05	0,00012
ш	0,001	2,9E-05	0,00118	2,4E-06	7,8E-05	0,00133	0	1,7E-05	0,00071	0,00022	5,1E-05	5,1E-05	5,4E-05	7,1E-05	0,00097	0	0,00022
щ	0,00047	0,00026	2,4E-06	2,4E-06	0,00114	0	0	0	0,00035	1,7E-05	4,9E-06	1,2E-05	9,8E-06	8,1E-05	0,00033	0	3,9E-05
ы	0	0,00401	0,00257	0	0,00085	0	0	0,00056	0	0	0	0,00093	0,00119	0,00459	0	0,00049	0,00186
ь	0	0,00021	0,00022	0	0,00055	0	1,5E-05	0,00016	0	0	0	0,00495	5,6E-05	0,00126	0	2,9E-05	0,0007
э	0,00036	5,4E-05	0,00016	2,4E-06	3,2E-05	0,00025	0	3,2E-05	0,00028	5,6E-05	8,1E-05	9,1E-05	0,0001	4,9E-05	0,00057	2,4E-06	2E-05
ю	0,00117	3,4E-05	1,2E-05	0	1,7E-05	7,3E-05	0	9,8E-06	0,00042	1,2E-05	2,4E-06	0,00119	2,4E-06	0,0001	0,0002	0	0,00018
я	0,00279	0,00049	0,00033	7,3E-06	0,00054	0,00027	0	0,00026	0,00146	8,1E-05	3,2E-05	0,00182	0,00053	0,00146	0,00107	0,00034	0,00145

	с	т	у	ф	х	ц	ч	ш	щ	ы	ь	э	ю	я
а	0,001637	0,00858	0,000316	0,000127	0,000957	0,000509	0,002212	0,001297	0,000617	0,0001	0,000289	0	8,56E-05	0,000313
б	0,000208	0,000245	0,000773	0	0,000215	9,79E-06	7,34E-06	0	4,89E-06	0,000387	0,000524	2,45E-06	0,00025	0,000423
в	0,002082	0,002906	0,001353	0	0,000577	8,81E-05	2,2E-05	4,16E-05	0	0,001627	0,001165	1,47E-05	0,000196	0,001541
г	0,000154	0,000125	0,001353	4,89E-06	0,000108	2,45E-06	1,47E-05	2,45E-06	0	0,000242	0,000149	2,45E-06	8,81E-05	0,000352
д	0,000428	0,000357	0,0023	0	0,000171	2,2E-05	9,79E-06	2,45E-06	0	0,000379	0,000426	2,45E-06	0,000719	0,001309
е	0,004046	0,007905	0,000267	0,00012	0,000122	0,000709	0,004514	0,0024	0,002065	0,001783	0,000842	0	4,4E-05	0,000369
ж	8,56E-05	0,000135	0,00161	0	5,14E-05	2,45E-06	2,45E-06	0	0	0,000144	8,07E-05	0	8,32E-05	0,000343
з	0,000154	0,000191	0,000538	0	0,000149	9,79E-06	1,96E-05	0	0	0,000225	0,000614	2,45E-06	0,000117	0,000629
и	0,001705	0,004499	0,000587	0,000274	0,000499	0,001257	0,001783	0,002209	0,001123	0,00045	0,000942	7,34E-06	0,000179	0,000905
й	0	0	8,07E-05	0	0	0	0	0	0	0,001857	0	1,71E-05	0	5,87E-05
к	0,004086	0,001306	0,001272	2,45E-06	0,000296	0,000122	0,00046	0,000396	7,34E-06	0,000438	0,002106	2,94E-05	0,000264	0,000944
л	0,003317	0,000325	0,002192	3,91E-05	0,000296	0	3,67E-05	0,00056	0	0,002833	0,000154	5,38E-05	8,07E-05	0,001262
м	0,001297	0,000313	0,001314	2,45E-06	0,000208	1,22E-05	1,71E-05	5,87E-05	2,45E-06	0,0017	0,000597	9,79E-06	0,00013	0,000937
н	0,001788	0,002344	0,001923	4,89E-06	0,000744	3,91E-05	0,00105	0,000558	0,000115	0,000665	0,003281	1,47E-05	0,000232	0,002268
о	0,003193	0,016682	0,000421	0,000477	0,003068	0,000281	0,000164	0,000259	4,89E-06	0,000338	0,000859	0	0,000193	0,000856
п	0,002627	0,000722	0,001426	2,45E-06	0,000536	5,63E-05	2,69E-05	4,89E-05	0	0,000653	0,001189	1,71E-05	0,000191	0,001118
р	0,000347	0,004037	0,001001	4,65E-05	0,000404	7,34E-06	1,71E-05	1,47E-05	4,16E-05	0,000355	0,00023	1,22E-05	0,000122	0,000306
с	0,001062	0,002087	0,002216	2,45E-06	0,00059	4,4E-05	3,43E-05	7,34E-06	0	0,001287	0,00262	5,38E-05	0,000387	0,001984
т	0,01292	0,000646	0,002738	9,79E-06	0,000284	9,79E-06	0,003694	8,07E-05	0	0,001089	0,000754	0,002772	0,000712	0,002547
у	0,000842	0,002334	0,000176	4,4E-05	0,000289	0,00011	0,000727	0,000215	0,00021	0,000183	0,000276	0	4,16E-05	0,000272
ф	4,89E-05	0,000113	3,18E-05	9,79E-06	3,67E-05	0	1,47E-05	0	2,45E-06	7,34E-06	1,47E-05	2,2E-05	3,43E-05	3,67E-05
х	0,000272	7,09E-05	0,000749	0	2,94E-05	4,89E-06	2,45E-06	2,45E-06	0	0,001443	9,3E-05	5,63E-05	1,71E-05	0,000355
ц	2,94E-05	3,18E-05	1,96E-05	0	9,79E-06	0	0	1,47E-05	0	1,47E-05	0,000159	0	5,63E-05	3,43E-05
ч	0,000274	0,000572	0,001306	4,89E-06	0,00013	7,34E-06	4,89E-06	2,45E-06	0	0,000345	0,000621	2,45E-06	0,000225	0,00055
ш	9,3E-05	4,65E-05	0,000771	0	6,36E-05	7,34E-06	0,000103	0	0	0,00068	0,000908	9,79E-06	9,79E-06	5,63E-05
щ	0	4,16E-05	0,000445	0	0	0	0	0	2,45E-06	1,22E-05	1,71E-05	0	0,000661	0,000382
ы	0,000296	0,001857	0	9,79E-06	0	0,000181	0	0	0	0	0	0	0	0
ь	0,003968	0,007105	0	4,89E-06	0	0	0,000237	0,000785	3,67E-05	0	0	0	0	2,45E-06
э	9,3E-05	0,000117	8,81E-05	0	3,67E-05	7,34E-06	2,45E-06	0	2,45E-06	8,32E-05	0,000186	1,22E-05	2,69E-05	0,000117
ю	0,000242	5,63E-05	0,001145	0	0	9,79E-06	0	0	0	2,45E-06	0,00035	0	2,2E-05	0,00013
я	0,005578	0,0009	0,000157	0	2,94E-05	0	0	0	0	3,43E-05	0,000526	0	2,94E-05	0,000196

На основі отриманих даних вирахуємо ентропію для кожного випадку (H2\_1 – перетинаються, H2\_2 – не перетинаються):

H1: 4.3719192771302975

H2\_1: 3.968171239330339

H2\_2: 3.9681105084082304

Без пробілів:

H1: 4.453315120926602

H2\_1: 4.136819747421218

H2\_2: 4.13641832945434

Як ми можемо бачити, значення з пробілами та без мають незначну відмінність.

Тепер вирахуємо надлишковість російської мови:

H1: 0.6280807228697025

H2\_1: 1.031828760669661

H2\_2: 1.0318894915917696

H2\_2: 0.8635816705456598

$$2.380 < H < 3.180$$
$$1.557 < H < 2.425$$



Произвольная часть текста:  
занял\_оставьте\_его\_

Использованные буквы:

Порядок n-граммы:  
5 символов  
10 символов  
15 символов  
20 символов  
25 символов  
30 символов  
35 символов  
40 символов  
45 символов  
50 символов

Введенный символ:  
Символ по счету:  
Номер эксперимента: 67

Неравенство для энтропии:  
 $1,55771360022926 < H < 2,42452612585248$

Двоичная таблица угаданных символов:

00010000000000000000000000000000	▲
10000000000000000000000000000000	
10000000000000000000000000000000	
00000000000000000000000000000000	
10000000000000000000000000000000	▼

Вероятности:

q[1] = 0,5454545
q[2] = 0,1363636
q[3] = 0,0909090
q[4] = 0,0303030
q[5] = 0,0151515
q[6] = 0,0303030
q[7] = 0,0454545
q[8] = 0
q[9] = 0,0151515
q[10] = 0,0151515
q[11] = 0
q[12] = 0
q[13] = 0,0151515
q[14] = 0,0151515
q[15] = 0
q[16] = 0
q[17] = 0
q[18] = 0
q[19] = 0
q[20] = 0
q[21] = 0
q[22] = 0
q[23] = 0
q[24] = 0
q[25] = 0,0151515
q[26] = 0
q[27] = 0,0151515
q[28] = 0,0151515
q[29] = 0
q[30] = 0
q[31] = 0
q[32] = 0

Строка состояния:

Продолжить Другой

$H(30)$ :

$1.872 < H < 2.618$

Произвольная часть текста:  
х\_но\_они\_всегда\_были\_согласны\_в\_том\_что\_брать\_каждую\_понравившуюся\_женщину\_

Использованные буквы:

Порядок n-граммы:  
5 символов  
10 символов  
15 символов  
20 символов  
25 символов  
30 символов  
35 символов  
40 символов  
45 символов  
50 символов

Введенный символ: \_ (пробел)  
Символ по счету: 1  
Номер эксперимента: 50

Неравенство для энтропии:  
 $1,87421081587409 < H < 2,61870290571276$

Двоичная таблица угаданных символов:

00000000000000000000000000000000	▲
10000000000000000000000000000000	
00010000000000000000000000000000	
01000000000000000000000000000000	
10000000000000000000000000000000	▼

Вероятности:

q[1] = 0,5
q[2] = 0,14
q[3] = 0,04
q[4] = 0,06
q[5] = 0,02
q[6] = 0,02
q[7] = 0
q[8] = 0,02
q[9] = 0,04
q[10] = 0,02
q[11] = 0,02
q[12] = 0
q[13] = 0,06
q[14] = 0
q[15] = 0
q[16] = 0
q[17] = 0
q[18] = 0
q[19] = 0
q[20] = 0
q[21] = 0
q[22] = 0
q[23] = 0
q[24] = 0
q[25] = 0
q[26] = 0,02
q[27] = 0
q[28] = 0
q[29] = 0
q[30] = 0,04
q[31] = 0
q[32] = 0

Строка состояния:  
Вы угадали. Для продолжения опыта нажмите "Продолжить", или "Другой" для выбора другого порядка

Продолжить Другой

Рівняння надлишковості:

$$0.2835486103197248 < R < 0.042724613788539756$$

$$0.5312962967511813 < R < 0.27000226051484566$$

$$0.4364718481170271 < R < 0.21190347135169718$$

### **Висновок:**

Під час виконання практичного практикума ми написали програму для обрахування частот букв та біграм за наданим текстом (використали «Метро 2033»), обчислення ентропії  $H_1$  та  $H_2$  для різних випадків. На основі цих даних, змогли оцінити надлишковість російської мови.

Загалом, ми побачили, що ентропія буде більшою у тексті без пробілів, що є причиною для використання його у шифруваннях, так як ентропія являється мірою невизначеності, а отже чим вона більша, тим більша непередбачуваність появи конкретного символу. Також наглядно бачимо за CoolPinkProgram зменшення ентропії зі збільшенням числа  $n$  у  $n$ -грамі.