

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 Острун Катерина  
ФБ-31 Острун Михайло

## 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.

## Хід роботи:

Використано текст "Війна і мир" Л. Толстого (розмір >1 МБ, верхній регістр, без зайвих символів, 'Ё' → 'Е', 'Ъ' → 'Ь'), щоб забезпечити фокус на російському алфавіті (31 символ без пробілів або 32 з ними).

Обчислено за допомогою Python: частоти монограм, біграм (перетинні/неперетинні), ентропії  $H_0$ ,  $H_1$ ,  $H_2$ , надлишковості  $R_1$ ,  $R_2$ . Результати експортовано в analysis.xlsx.

Для алфавіту без пробілів:  $H_0 = \log_2 31 \approx 4.954$

З пробілами:  $H_0 = \log_2 32 = 5$

Обчислення  $H_1$  (монограми):  $H_1 = -\sum p_i \log_2 p_i$

Обчислення  $H_2$  (біграми):  $H_2 = \frac{1}{2} \cdot H(X, Y)$

Надлишковість:  $R = 1 - \frac{H_1}{\log_2 m}$ , де  $m$  – розмір алфавіту.

## Метрики:

Модель	H0	H1	R1	H2	R2
без пробілів перетинні	4.954196	4.459138	0.099927	4.139245	0.164497
без пробілів неперетинні	4.954196	4.459138	0.099927	4.138797	0.164588
з пробілами перетинні	5	4.375204	0.124959	3.966407	0.206719
з пробілами неперетинні	5	4.375204	0.124959	3.965929	0.206814

**Частота монограм з пробілом:**

Символ	Частота
О	0.11544
А	0.082178
Е	0.082092
И	0.067775
Н	0.065001
Т	0.058421
С	0.053992
Л	0.049969
В	0.046128
Р	0.044141
К	0.034013
Д	0.030558
М	0.029546
У	0.027114
П	0.02624
Я	0.021932
Ь	0.019846
Г	0.019622
Ы	0.01931
Б	0.017327
З	0.017108
Ч	0.014416
Й	0.011617
Ж	0.010619
Ш	0.009239
Х	0.008579
Ю	0.006116
Ц	0.003598
Э	0.003057
Щ	0.002954
Ф	0.002054

**Частота монограм з пробілом:**

Символ	Частота
	0.1623
О	0.096704
А	0.06884
Е	0.068768
И	0.056775
Н	0.054451
Т	0.048939
С	0.045229
Л	0.041859
В	0.038641
Р	0.036977
К	0.028493
Д	0.025598
М	0.024751
У	0.022714
П	0.021982
Я	0.018373
Ь	0.016625
Г	0.016437
Ы	0.016176
Б	0.014515
З	0.014332
Ч	0.012076
Й	0.009731
Ж	0.008895
Ш	0.007739
Х	0.007187
Ю	0.005123
Ц	0.003014
Э	0.002561
Щ	0.002475
Ф	0.001721

## Біграми які перетинаються з пробілами:

	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	Й	К	Л	М	Н	О	П
А	7.98E-06	0.00059	0.003187	0.000812	0.001852	0.00093	0.001144	0.003878	0.000114	0.000625	0.004038	0.00867	0.002706	0.004475	6.17E-06	0.000881
Б	0.000947	8.71E-06	7.8E-05	9.8E-06	2.14E-05	0.00206	6.9E-06	7.26E-07	0.000707	0	0.000202	0.000765	3.92E-05	0.000278	0.002149	0
В	0.005366	1.31E-05	3.23E-05	3.48E-05	0.0003	0.004311	7.26E-07	0.000484	0.003048	1.09E-06	0.000131	0.001019	0.00013	0.001091	0.007336	0.000238
Г	0.000924	0	3.81E-05	1.09E-06	0.001024	0.000504	1.09E-06	1.09E-06	0.000706	0	7.59E-05	0.001433	4.36E-06	0.00025	0.008792	0
Д	0.004227	3.16E-05	0.000948	6.9E-06	2.65E-05	0.004373	1.38E-05	2.54E-06	0.002449	3.63E-07	0.000179	0.000786	0.000112	0.001665	0.00362	9.8E-05
Е	2.87E-05	0.001097	0.001446	0.003371	0.002559	0.001593	0.001027	0.001182	0.000179	0.002418	0.000986	0.005954	0.00387	0.00727	0.000487	0.000886
Ж	0.001326	5.26E-05	0	1.31E-05	0.000724	0.003652	1.85E-05	0	0.001344	0	7.73E-05	3.27E-06	6.9E-06	0.001159	3.67E-05	0
З	0.005111	0.000168	0.000768	0.000383	0.000654	0.00023	0.000156	7.08E-05	0.000338	3.63E-07	0.000124	0.000212	0.000268	0.001614	0.000618	2.32E-05
И	7.77E-05	0.000406	0.002419	0.000477	0.001505	0.002648	0.000383	0.001911	0.000806	0.001219	0.001848	0.004534	0.002866	0.003012	0.00018	0.00018
Й	2.54E-06	9.44E-06	1.09E-06	1.09E-06	0.000152	4.36E-06	0	0	5.81E-06	5.04E-05	5.59E-05	6.86E-05	3.85E-05	0.000371	1.2E-05	3.63E-07
К	0.007381	3.63E-07	0.000339	1.45E-06	6.53E-06	0.000406	1.63E-05	4.72E-06	0.002409	2.18E-06	1.23E-05	0.000365	5.81E-06	0.001433	0.00805	1.45E-06
Л	0.006612	2.21E-05	5.44E-06	0.000123	0.000244	0.004019	0.000354	4.72E-06	0.006194	0	0.000526	9.4E-05	5.81E-06	0.000279	0.00597	0.000173
М	0.002682	2.25E-05	7.26E-07	4.94E-05	1.09E-06	0.002758	0	2.54E-06	0.003153	3.63E-07	6.42E-05	0.00011	2.25E-05	0.001075	0.00341	0.000182
Н	0.010375	9.44E-06	2.32E-05	0.000101	0.000801	0.008741	1.42E-05	1.45E-05	0.007657	0	0.0002	3.27E-06	1.09E-06	0.002639	0.008837	6.17E-06
О	3.99E-06	0.003297	0.00757	0.004675	0.004601	0.002352	0.001686	0.000924	0.000815	0.003588	0.00156	0.006616	0.004802	0.006509	0.000198	0.001247
П	0.001143	0	0	8.71E-06	0	0.002413	0	0	0.000734	0	6.86E-05	0.000694	3.63E-07	6.82E-05	0.008449	3.96E-05
Р	0.008085	0.000143	0.000285	0.000283	0.000328	0.005817	0.000311	3.45E-05	0.004964	0	0.000229	7.33E-05	0.000278	0.000607	0.006495	5.7E-05
С	0.001424	4.61E-05	0.001796	1.89E-05	0.0007	0.003088	2.14E-05	2.94E-05	0.0001439	0	0.004972	0.002426	0.000933	0.001126	0.002817	0.001682
Т	0.0054	2.69E-05	0.002539	1.16E-05	0.00015	0.004281	3.63E-07	5.81E-06	0.003411	0	0.000379	0.000245	2.21E-05	0.000946	0.014389	5.92E-05
У	1.42E-05	0.000557	0.000848	0.001214	0.001692	0.000201	0.001255	0.000786	1.16E-05	7.73E-05	0.000765	0.001185	0.000953	0.000272	8.35E-06	0.00064
Ф	0.000131	0	0	0	0	0.000127	0	0	0.000543	1.09E-06	2.54E-06	6.57E-05	1.45E-06	3.63E-07	6.57E-05	7.26E-07
Х	0.000814	0	0.00012	1.09E-06	7.26E-07	3.05E-05	0	0	0.000147	0	0	8.93E-05	5.23E-05	0.000107	0.002082	3.63E-07
Ц	0.000567	0	2E-05	6.53E-06	1.09E-06	0.000883	7.26E-07	0	0.000219	0	9.87E-05	2.18E-06	1.09E-06	6.17E-06	0.000338	0
Ч	0.001987	0	5.44E-06	0	0	0.00309	0	0	0.001416	0	0.000226	3.16E-05	4.72E-06	0.000484	6.24E-05	3.63E-07
Ш	0.001439	0	1.31E-05	0	0	0.002246	0	0	0.001802	0	0.000387	0.00043	1.31E-05	0.00037	0.000263	3.45E-05
Щ	0.000367	0	3.63E-07	0	0	0.001239	0	0	0.000718	0	0	0	0	2.98E-05	7.26E-07	0
Ы	0	0.000346	0.001064	8.28E-05	0.000101	0.001096	2.03E-05	5.23E-05	1.63E-05	0.00137	0.000168	0.002373	0.001452	0.000242	1.09E-06	0.000103
Ь	4.72E-06	9.18E-05	7.98E-06	2.72E-05	4.5E-05	0.001398	3.63E-07	0.000135	0.000121	0	0.001092	0	0.000271	0.001044	2.87E-05	3.63E-07
Э	0	0	3.63E-07	4.72E-06	3.27E-06	0	0	3.27E-06	0	1.05E-05	4.72E-05	7.95E-05	3.63E-06	2.54E-05	0	7.26E-06
Ю	7.26E-07	0.000405	0	2.54E-06	0.00043	7.26E-07	5.44E-06	1.92E-05	3.63E-07	0	1.09E-05	4.57E-05	2.11E-05	3.3E-05	0	1.81E-06
Я	7.26E-07	3.7E-05	0.000282	0.00013	0.000606	0.000101	0.000496	0.000944	1.56E-05	3.63E-05	0.000131	0.000865	0.00036	0.000573	0	2.32E-05
	0.002389	0.007133	0.014805	0.004587	0.007468	0.004175	0.001964	0.003841	0.011295	0.00033	0.009836	0.002618	0.005505	0.015396	0.012003	0.015416

Р	С	Т	У	Ф	Х	Ц	Ч	Ш	Щ	Ы	Ь	Э	Ю	Я		
0.002837	0.003469	0.004697	0.000121	0.000519	0.000942	6.57E-05	0.000726	0.001255	0.000231	0	0	7.26E-07	0.000744	0.002328	0.01699	
0.001103	7.15E-05	6.53E-06	0.001004	0	9.58E-05	2.9E-06	2E-05	4.36E-06	0.000195	0.003955	0.000135	3.63E-07	3.99E-06	0.000425	0.000219	
0.000619	0.003031	0.000193	0.000794	0	4.17E-05	1.2E-05	3.74E-05	0.00116	3.99E-06	0.002464	0.000173	3.63E-07	3.63E-07	0.0002	0.006375	
0.00115	6.82E-05	8.71E-06	0.000634	0	0	1.45E-06	2.54E-05	6.9E-06	0	1.09E-06	1.81E-06	0	3.27E-06	1.09E-06	0.00078	
0.001805	0.000371	0.000225	0.001601	6.17E-06	4.25E-05	0.000146	3.12E-05	0.00012	3.63E-07	0.000599	0.000558	7.26E-07	4.21E-05	0.000413	0.001099	
0.006411	0.003663	0.003601	7.04E-05	9.8E-06	0.000925	0.000214	0.000918	0.00066	0.000594	0	0	0	0.000264	0.000348	0.016736	
2.54E-06	2.25E-05	0	0.000152	0	0	0	3.96E-05	0	0	0	3.99E-05	3.63E-07	2.79E-05	0	0.000197	
0.000199	0.000152	1.56E-05	0.00026	0	0	3.99E-06	1.52E-05	9.8E-06	0	0.000545	0.000597	0	6.57E-05	0.000454	0.001277	
0.0005	0.002826	0.003153	5.08E-06	2.72E-05	0.001722	0.001141	0.001212	0.00034	0.000139	0	3.63E-07	0	0.000342	0.001804	0.019092	
1.6E-05	0.000672	0.000241	0	7.26E-07	1.45E-06	2.69E-05	5.7E-05	0.000103	3.63E-07	0	0	0	3.63E-07	0	0.00784	
0.001494	0.000106	0.000442	0.001403	3.63E-07	7.26E-07	9.8E-06	1.71E-05	7.62E-06	0	0	7.26E-07	0	5.81E-06	0	0.004571	
0	0.00117	4.1E-05	0.001149	5.44E-06	4.72E-06	3.63E-07	0.000195	7.62E-06	2.54E-06	0.000996	0.003574	3.63E-07	0.001058	0.001792	0.007237	
4.1E-05	0.000114	4.39E-05	0.002336	6.17E-06	3.63E-07	2.4E-05	2.47E-05	6.17E-06	4.36E-06	0.000797	3.48E-05	7.26E-07	2.87E-05	0.000428	0.007329	
6.02E-05	0.000502	0.000409	0.002186	8.71E-06	5.81E-06	0.000596	0.00017	2.03E-05	0.00011	0.003129	0.000983	7.26E-07	0.000136	0.00253	0.004179	
0.006129	0.007175	0.006849	5.92E-05	0.000301	0.000503	7.08E-05	0.001273	0.001069	0.000142	0	0	2.25E-05	0.000479	0.000622	0.021565	
0.006108	4.72E-06	4.21E-05	0.000644	1.74E-05	0	1.23E-05	8.09E-05	5.08E-06	1.81E-06	0.000256	0.000826	7.26E-07	0	0.000323	4.1E-05	
1.52E-05	0.000217	0.000532	0.002787	1.56E-05	9.29E-05	5.73E-05	6.79E-05	0.000273	4.54E-05	0.001548	0.000931	7.26E-07	0.000135	0.000988	0.001279	
0.000287	0.000834	0.011051	0.000769	1.23E-05	0.000168	2.14E-05	0.000331	8.17E-05	3.63E-07	0.000344	0.002878	3.63E-07	0.000113	0.003024	0.003194	
0.002574	0.000881	0.000106	0.001393	7.26E-06	1.27E-05	0.000108	0.000173	2.18E-06	1.34E-05	0.001377	0.005435	2.18E-06	4.79E-05	0.000516	0.004424	
0.000562	0.001271	0.001341	3.63E-06	1.2E-05	0.000311	7.62E-06	0.000732	0.000703	0.000226	0	0	1.67E-05	0.000939	6.61E-05	0.00601	
0.000466	6.9E-06	1.34E-05	7.73E-05	3.99E-06	0	0	7.26E-07	0	0	9.44E-06	3.63E-06	3.63E-07	2.54E-06	0	0.000197	
8.2E-05	5.84E-05	3.45E-05	0.000111	0	0	0	3.63E-07	8.71E-06	0	0	1.81E-06	0	0	0	0.003446	
0	3.63E-07	1.09E-06	0.000489	0	0	0	0	0	0	0.000146	0	0	0	2.54E-06	0.000232	
1.89E-05	0	0.003682	0.000614	0	0	0	0	9.11E-05	0	0	0.000174	3.63E-07	0	0	0.000188	
1.45E-06	3.63E-07	8.75E-05	0.000301	0	0	1.45E-06	0	2.54E-06	0	0	0.000257	1.45E-06	0	3.63E-07	8.78E-05	
2.18E-06	0	3.63E-07	8.71E-05	0	0	0	0	0	0	0	1.71E-05	3.63E-07	0	0	1.27E-05	
0.000287	0.000761	0.000682	3.63E-06	0	0.001025	6.17E-06	0.000171	0.000483	1.81E-06	0	0	0	0	7.26E-07	0.004267	
0	0.00082	7.51E-05	3.63E-07	1.81E-06	7.26E-07	8.6E-05	5.63E-05	0.000459	8.35E-06	0	0	0	0.000502	0.000573	0.009774	
1.45E-05	3.7E-05	0.002305	0	1.09E-06	7.26E-06	3.63E-07	0	3.63E-07	0	0	0	3.63E-07	0	0	9.8E-06	
4.9E-05	0.000102	0.000428	0	0	7.62E-06	1.85E-05	6.71E-05	8.28E-05	0.000452	0	0	0	0	3.59E-05	0	0.002904
4.9E-05	0.000722	0.001396	1.81E-06	3.63E-07	0.000189	3.88E-05	0.000129	1.52E-05	0.000208	0	0	0	0.000115	0.00016	0.010747	
0.004093	0.016103	0.007235	0.003657	0.000764	0.001088	0.000341	0.005507	0.00762	6.1E-05	8.71E-06	3.27E-06	0.00251	3.16E-05	0.001373	0.000107	

## Біграми які не перетинаються з пробілами:

	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	Й	К	Л	М	Н	О	П	Р
А	7.26E-06	0.00057	0.003205	0.000774	0.001808	0.00093	0.001097	0.003825	0.000111	0.000635	0.004072	0.008623	0.002683	0.004492	6.53E-06	0.000858	0.002813
Б	0.000966	7.98E-06	8.28E-05	1.09E-05	2.25E-05	0.002064	6.53E-06	0	0.000721	0	0.000198	0.000743	3.77E-05	0.000269	0.002117	0	0.001091
В	0.00544	1.52E-05	2.98E-05	3.27E-05	0.000273	0.004342	7.26E-07	0.000486	0.003044	1.45E-06	0.00013	0.001019	0.000128	0.001055	0.007368	0.00024	0.000616
Г	0.000952	0	3.92E-05	1.45E-06	0.001039	0.000504	1.45E-06	1.45E-06	0.000707	0	7.26E-05	0.001437	3.63E-06	0.000256	0.008755	0	0.001167
Д	0.004227	3.05E-05	0.000914	8.71E-06	2.25E-05	0.004346	1.52E-05	2.18E-06	0.002443	0	0.000171	0.000774	0.000106	0.001664	0.003619	0.000102	0.001829
Е	2.9E-05	0.001129	0.001465	0.003374	0.002589	0.001635	0.00102	0.001164	0.00017	0.002387	0.001001	0.005958	0.003867	0.007222	0.000469	0.000887	0.00639
Ж	0.001328	5.08E-05	0	1.52E-05	0.000748	0.00367	1.96E-05	0	0.001341	0	8.35E-05	3.63E-06	5.08E-06	0.001162	3.41E-05	0	2.9E-06
З	0.005139	0.000161	0.000733	0.000381	0.00065	0.000234	0.000158	7.19E-05	0.000343	7.26E-07	0.000117	0.000213	0.000263	0.00159	0.000632	2.18E-05	0.000192
И	8.06E-05	0.000401	0.002415	0.000444	0.001543	0.002613	0.000362	0.001923	0.000777	0.001217	0.001871	0.004535	0.002914	0.003002	0.000177	0.000179	0.000497
Й	2.18E-06	8.71E-06	7.26E-07	0	0.000168	3.63E-06	0	2.9E-06	0.003166	7.26E-07	7.33E-05	9.58E-05	2.32E-05	0.001055	0.003408	0.000179	3.85E-05
К	0.007471	0	0.000338	1.45E-06	5.81E-06	0.000413	1.81E-05	2.9E-06	0.002363	1.45E-06	1.31E-05	0.000369	5.08E-06	0.001455	0.008018	2.9E-06	0.001458
Л	0.006663	2.18E-05	3.63E-06	0.000123	0.000234	0.004048	0.000364	3.63E-06	0.006209	0	0.000542	8.64E-05	6.53E-06	0.000285	0.005976	0.000166	0
М	0.002704	2.69E-05	1.45E-06	5.15E-05	0	0.000168	3.63E-06	0	2.9E-06	0.003166	7.26E-07	7.33E-05	9.58E-05	2.32E-05	0.001055	0.003408	0.000179
Н	0.010542	1.02E-05	2.25E-05	0.000105	0.00082	0.008819	1.6E-05	1.45E-05	0.007657	0	0.000208	3.63E-06	1.45E-06	0.002628	0.008826	5.08E-06	6.1E-05
О	5.81E-06	0.003298	0.00752	0.004681	0.00462	0.00239	0.001664	0.00094	0.0008	0.003582	0.001537	0.006624	0.004807	0.00651	0.000203	0.001216	0.006193
П	0.001165	0	0	6.53E-06	0	0.002422	0	0	0.000736	0	6.02E-05	0.000689	7.26E-07	7.04E-05	0.008531	4.28E-05	0.006104
Р	0.008055	0.000139	0.000296	0.000285	0.000324	0.00582	0.000303	3.34E-05	0.004964	0	0.000229	8.06E-05	0.000274	0.000606	0.006474	5.3E-05	1.45E-05
С	0.001445	5.01E-05	0.001833	1.96E-05	0.000294	0.003059	1.96E-05	2.98E-05	0.001449	0	0.004991	0.002404	0.000946	0.001106	0.002806	0.001648	0.000276
Т	0.00539	2.69E-05	0.002527	1.45E-05	0.000164	0.004266	7.26E-07	5.08E-06	0.003367	0	0.000396	0.000251	2.11E-05	0.000971	0.014307	4.79E-05	0.002567
У	1.16E-05	0.000559	0.000828	0.001214	0.00168	0.000197	0.001276	0.00081	1.16E-05	7.26E-05	0.000775	0.001207	0.000923	0.000266	9.44E-06	0.000643	0.000576
Ф	0.000122	0	0	0	0	0.00013	0	0	0.000523	7.26E-07	3.63E-06	6.32E-05	2.18E-06	7.26E-07	5.66E-05	7.26E-07	0.000463
Х	0.000793	0	0.000115	7.26E-07	7.26E-07	3.19E-05	0	0	0.000145	0	0	8.13E-05	5.52E-05	0.000107	0.002022	0	8.93E-05
Ц	0.000565	0	2.54E-05	4.36E-06	7.26E-07	0.000884	1.45E-06	0	0.000221	0	0.000101	2.9E-06	1.45E-06	5.08E-06	0.000321	0	0
Ч	0.001988	0	3.63E-06	0	0	0.003082	0	0	0.001405	0	0.000226	2.4E-05	3.63E-06	0.000492	6.61E-05	0	1.96E-05
Ш	0.001468	0	1.74E-05	0	0	0.002278	0	0	0.001807	0	0.000379	0.000432	1.6E-05	0.000364	0.000266	3.41E-05	1.45E-06
Щ	0.000361	0	7.26E-07	0	0	0.001241	0	0	0.000713	0	0	0	3.56E-05	0	0	0	2.9E-06
Ы	0	0.000355	0.001039	8.86E-05	9.58E-05	0.001122	2.18E-05	5.08E-05	1.81E-05	0.001365	0.000162	0.002373	0.001468	0.000252	1.45E-06	0.000109	0.00029
Ь	5.08E-06	9.73E-05	7.26E-06	2.9E-05	4.28E-05	0.001386	7.26E-07	0.000128	0.00011	0	0.001103	0	0.000275	0.001039	2.54E-05	7.26E-07	0
Э	0	0	0	5.08E-06	4.36E-06	0	0	2.9E-06	0	9.44E-06	5.3E-05	8.35E-05	4.36E-06	1.89E-05	0	6.53E-06	1.16E-05
Ю	7.26E-07	0.000392	0	2.9E-06	0.000469	7.26E-07	5.81E-06	1.74E-05	0	0	1.23E-05	4.79E-05	1.96E-05	3.05E-05	0	1.45E-06	4.36E-05
Я	7.26E-07	4.28E-05	0.00028	0.000136	0.00063	0.000108	0.000495	0.000947	1.74E-05	4.14E-05	0.000135	0.000859	0.000371	0.000592	0	2.47E-05	4.21E-05
	0.00242	0.00714	0.014782	0.004598	0.007452	0.004149	0.001993	0.003867	0.011351	0.000325	0.009838	0.002649	0.005541	0.015358	0.012034	0.015347	0.004156

С	Т	У	Ф	Х	Ц	Ч	Ш	Щ	Ы	Ь	Э	Ю	Я	
0.003532	0.004599	0.000113	0.000525	0.000939	6.39E-05	0.000713	0.001234	0.000225	0	0	1.45E-06	0.000747	0.00231	0.016819
6.39E-05	6.53E-06	0.001047	0	9.29E-05	2.18E-06	2.03E-05	4.36E-06	0.000205	0.003952	0.000139	0	4.36E-06	0.000397	0.000225
0.003033	0.000206	0.000786	0	3.99E-05	1.09E-05	3.48E-05	0.001162	3.63E-06	0.002485	0.000174	0	0	0.000199	0.006403
6.68E-05	7.98E-06	0.00065	0	0	1.45E-06	2.76E-05	8.71E-06	0	7.26E-07	2.9E-06	0	2.9E-06	7.26E-07	0.000757
0.000356	0.00023	0.001614	6.53E-06	4.06E-05	0.000139	3.34E-05	0.000118	7.26E-07	0.00059	0.000569	1.45E-06	4.14E-05	0.000401	0.001079
0.003645	0.00357	7.4E-05	8.71E-06	0.000952	0.000205	0.000907	0.000659	0.000601	0	0	0	0.000265	0.000354	0.016589
1.96E-05	0	0.000154	0	0	0	3.63E-05	0	0	0	3.34E-05	0	2.76E-05	0	0.000195
0.000142	1.74E-05	0.000258	0	0	3.63E-06	1.67E-05	6.53E-06	0	0.000545	0.000596	0	6.61E-05	0.000441	0.00134
0.002806	0.003145	5.81E-06	2.98E-05	0.00169	0.001159	0.001251	0.000343	0.000144	0	7.26E-07	0	0.000358	0.001836	0.019134
0.000665	0.000253	0	7.26E-07	7.26E-07	2.25E-05	5.81E-05	0.000105	7.26E-07	0	0	0	7.26E-07	0	0.007842
9.65E-05	0.000431	0.001392	0	7.26E-07	7.26E-06	1.96E-05	6.53E-06	0	0	7.26E-07	0	6.53E-06	0	0.004477
0.001207	4.21E-05	0.001119	5.81E-06	5.08E-06	0	0.000195	7.98E-06	2.9E-06	0.000972	0.003623	0	0.001036	0.001759	0.007212
0.000113	3.05E-05	0.002268	5.08E-06	7.26E-07	2.03E-05	2.47E-05	6.53E-06	5.81E-06	0.000814	3.27E-05	7.26E-07	3.34E-05	0.000425	0.007316
0.000478	0.000407	0.002176	1.09E-05	3.63E-06	0.000597	0.000166	2.11E-05	0.000108	0.003087	0.000982	1.45E-06	0.000148	0.002475	0.004154
0.007199	0.006926	5.3E-05	0.000303	0.000509	7.11E-05	0.001305	0.001036	0.000141	0	0	2.69E-05	0.000499	0.000605	0.021604
5.81E-06	5.01E-05	0.000655	1.67E-05	0	1.38E-05	8.06E-05	5.08E-06	1.45E-06	0.000276	0.000841	1.45E-06	0	0.000325	4.57E-05
0.000198	0.000563	0.002769	1.6E-05	9.8E-05	5.81E-05	6.75E-05	0.00027	4.43E-05	0.001537	0.000946	7.26E-07	0.000131	0.001008	0.001278
0.000832	0.011087	0.000783	1.38E-05	0.00016	2.25E-05	0.000325	8.28E-05	7.26E-07	0.000332	0.002856	7.26E-07	0.000111	0.003023	0.003136
0.000858	0.000105	0.00136	4.36E-06	1.09E-05	0.000111	0.000168	7.26E-07	1.74E-05	0.001386	0.005509	2.18E-06	3.92E-05	0.000495	0.004436
0.001255	0.001332	2.9E-06	1.09E-05	0.000311	7.26E-06	0.000768	0.000705	0.000253	0	0	1.6E-05	0.000957	5.95E-05	0.006025
6.53E-06	1.16E-05	7.84E-05	5.81E-06	0	0	7.26E-07	0	0	7.26E-06	2.9E-06	0	2.18E-06	0	0.000199
5.66E-05	3.19E-05	0.00012	0	0	0	0	1.02E-05	0	0	2.18E-06	0	0	0	0.003447
0	1.45E-06	0.000491	0	0	0	0	0	0	0.000147	0	0	0	3.63E-06	0.000246
0	0.00365	0.000628	0	0	0	0	8.42E-05	0	0	0.000168	0	0	0	0.000185
7.26E-07	9.51E-05	0.000312	0	0	7.26E-07	0	3.63E-06	0	0	0.000255	2.18E-06	0	0	8.64E-05
0	0	8.35E-05	0	0	0	0	0	0	0	1.52E-05	0	0	0	1.09E-05
0.000772	0.000657	2.9E-06	0	0.001067	4.36E-06	0.000161	0.000475	2.18E-06	0	0	0	0	1.45E-06	0.00426
0.000798	6.75E-05	0	2.18E-06	1.45E-06	7.62E-05	5.23E-05	0.000444	7.26E-06	0	0	0	0.000484	0.000574	0.009741
3.85E-05	0.00234	0	1.45E-06	8.71E-06	7.26E-07	0	0	0	0	0	7.26E-07	0	0	1.16E-05
0.0001	0.000452	0	0	1.16E-05	2.03E-05	6.1E-05	8.78E-05	0.000445	0	0	0	3.56E-05	0	0.002848
0.000733	0.001423	1.45E-06	0	0.000187	3.7E-05	0.000127	1.74E-05	0.000205	0	0	0	0.000113	0.000165	0.010753
0.016237	0.007314	0.003669	0.000794	0.001135	0.00035	0.000507	0.000756	7.11E-05	5.81E-06	2.18E-06	0.002464	3.34E-05	0.001405	

## Біграми які перетинаються без пробілів:

	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	Й	К	Л	М	Н	О	П	Р
А	0.000313	0.001523	0.005542	0.001496	0.003123	0.001716	0.001514	0.005073	0.001622	0.00081	0.006196	0.010657	0.004054	0.007516	0.001506	0.002878	0.003879
Б	0.001142	1.56E-05	0.000106	1.34E-05	2.9E-05	0.002467	9.53E-06	4.33E-06	0.000873	0	0.000247	0.000915	4.98E-05	0.000351	0.002625	9.53E-06	0.001318
В	0.006512	0.000258	0.000465	0.000397	0.000765	0.005327	5.94E-05	0.000709	0.003993	6.07E-06	0.000807	0.001381	0.000454	0.001845	0.009238	0.001071	0.000971
Г	0.00111	3.86E-05	0.000119	1.69E-05	0.0013	0.000619	8.67E-06	4.68E-05	0.000907	4.33E-07	0.000134	0.001715	2.64E-05	0.000393	0.010571	0.000117	0.001395
Д	0.00506	8.19E-05	0.00124	6.54E-05	7.28E-05	0.005246	2.38E-05	4.77E-05	0.003032	8.67E-07	0.000308	0.000955	0.000174	0.002136	0.004393	0.000238	0.002195
Е	0.000196	0.002318	0.003618	0.004577	0.00402	0.002295	0.001458	0.00204	0.001582	0.002902	0.002153	0.007516	0.005705	0.010248	0.001969	0.003122	0.00814
Ж	0.001584	7.19E-05	2.34E-05	2.12E-05	0.000877	0.004371	2.34E-05	7.37E-06	0.001616	0	0.000105	6.93E-06	2.34E-05	0.001413	5.68E-05	1.21E-05	5.63E-06
З	0.006121	0.000242	0.001032	0.000503	0.000862	0.000296	0.000198	0.000123	0.000452	9.53E-06	0.000295	0.000277	0.000403	0.00205	0.000832	0.000205	0.000287
И	0.000332	0.001467	0.005213	0.001231	0.002857	0.003699	0.000651	0.002869	0.002455	0.001506	0.003448	0.005771	0.004051	0.005764	0.001983	0.002672	0.001227
Й	0.000221	0.000361	0.000752	0.000331	0.000753	0.00013	0.000164	0.000185	0.000713	0.000202	0.000717	0.000243	0.000411	0.001092	0.000586	0.000835	0.000383
К	0.008879	0.000471	0.000775	0.000147	0.000261	0.000571	0.000228	0.000103	0.003214	2.38E-05	0.000396	0.000493	0.000197	0.002286	0.010025	0.000405	0.001887
Л	0.008012	0.000306	0.000776	0.000404	0.000656	0.005291	0.000468	0.000156	0.007895	7.8E-06	0.001298	0.000191	0.000142	0.00112	0.008105	0.00102	0.000247
М	0.003304	0.000348	0.000762	0.000374	0.000405	0.003428	0.000136	0.000173	0.004522	6.93E-06	0.000645	0.00031	0.000278	0.001951	0.004745	0.001033	0.000247
Н	0.012433	0.000333	0.000539	0.000252	0.00115	0.010513	5.24E-05	0.00019	0.009495	6.07E-06	0.000441	4.64E-05	0.000111	0.003713	0.010867	0.000596	0.000188
О	0.000195	0.005391	0.011613	0.006197	0.006618	0.003519	0.002473	0.001675	0.00242	0.004296	0.003048	0.008297	0.006538	0.010245	0.002477	0.003789	0.007874
П	0.001364	8.67E-07	2.6E-06	1.13E-05	2.17E-06	0.002881	4.33E-07	4.33E-07	0.000883	1.3E-06	8.67E-05	0.000829	1.73E-06	8.8E-05	0.010089	5.07E-05	0.007292
Р	0.009696	0.000229	0.000491	0.000366	0.000444	0.00696	0.000377	8.32E-05	0.006052	4.77E-06	0.000368	9.75E-05	0.000364	0.000889	0.00786	0.000262	5.11E-05
С	0.001737	0.000226	0.002386	0.000153	0.000554	0.003754	0.000135	0.000125	0.001837	8.67E-07	0.006189	0.002973	0.001208	0.001775	0.00358	0.002323	0.000475
Т	0.00652	0.000301	0.003535	0.000147	0.000459	0.005284	8.41E-05	0.000122	0.004431	4.77E-06	0.000728	0.000374	0.000198	0.001645	0.017514	0.000504	0.003171
У	0.000149	0.000886	0.001606	0.001642	0.002331	0.000358	0.001578	0.001088	0.000686	0.000103	0.001451	0.00151	0.001413	0.001127	0.000438	0.001398	0.000833
Ф	0.000163	9.53E-06	2.43E-05	3.47E-06	4.33E-06	0.000154	1.73E-06	6.07E-06	0.00068	5.63E-06	1.17E-05	8.1E-05	5.63E-06	1.56E-05	9.79E-05	2.12E-05	0.00058
Х	0.001012	0.000166	0.000492	0.00014	0.000208	0.000107	4.55E-05	8.45E-05	0.000523	1.3E-06	0.000238	0.000305	0.000208	0.000436	0.002769	0.000461	0.00022
Ц	0.000681	8.67E-06	4.98E-05	1.52E-05	1.08E-05	0.001062	1.73E-06	6.07E-06	0.000285	4.33E-07	0.000135	5.63E-06	9.97E-06	3.12E-05	0.000424	3.42E-05	5.63E-06
Ч	0.002377	1.04E-05	3.38E-05	4.33E-06	8.67E-06	0.003691	1.73E-06	3.9E-06	0.001704	4.33E-07	0.000279	4.2E-05	9.53E-06	0.000594	9.36E-05	2.99E-05	3.51E-05
Ш	0.00172	9.97E-06	2.25E-05	2.6E-06	7.37E-06	0.002682	1.73E-06	2.6E-06	0.002156	4.33E-07	0.000467	0.000515	2.12E-05	0.000452	0.00032	5.5E-05	5.2E-06
Щ	0.000438	4.33E-07	1.73E-06	0	4.33E-07	0.00148	0	4.33E-07	0.000859	8.67E-07	2.17E-06	0	4.33E-07	3.64E-05	1.3E-06	8.67E-07	3.9E-06
Ы	5.72E-05	0.000688	0.001706	0.000207	0.000351	0.001438	6.37E-05	0.000214	0.000506	0.001642	0.000443	0.002889	0.001945	0.000864	0.000374	0.000618	0.000461
Ь	0.00046	0.000453	0.001286	0.000285	0.000477	0.002185	7.41E-05	0.000442	0.001049	6.93E-06	0.002052	0.000162	0.00062	0.002318	0.000826	0.001029	0.000243
Э	0	4.33E-07	3.9E-06	5.63E-06	5.63E-06	4.33E-07	0	3.9E-06	0	1.26E-05	5.68E-05	9.53E-05	5.63E-06	3.08E-05	0	9.53E-06	1.73E-05
Ю	0.000115	0.000578	0.000285	0.000113	0.000672	7.97E-05	7.11E-05	8.75E-05	0.000319	1.3E-06	0.000238	0.000118	0.000156	0.000307	0.000241	0.000296	0.000178
Я	0.000275	0.000531	0.001628	0.000498	0.001272	0.000488	0.000715	0.001435	0.001013	5.33E-05	0.001029	0.001196	0.000765	0.00227	0.000834	0.001143	0.000327
С	Т	У	Ф	Х	Ц	Ч	Ш	Щ	Ы	Ь	Э	Ю	Я				
0.006067	0.006517	0.000566	0.000718	0.001242	0.000132	0.001396	0.001584	0.000283	4.33E-07	0	0.000359	0.000893	0.003003				
9.49E-05	9.97E-06	0.001218	0	0.000115	3.47E-06	3.08E-05	6.07E-06	0.000233	0.004722	0.000161	4.12E-05	4.77E-06	0.000512				
0.004441	0.000786	0.001084	3.03E-05	8.71E-05	4.29E-05	0.000219	0.001438	8.23E-06	0.002942	0.000206	0.000313	2.6E-06	0.00027				
0.000204	2.86E-05	0.000786	3.03E-06	3.47E-06	2.6E-06	4.25E-05	9.53E-06	0	1.3E-06	2.17E-06	8.23E-06	3.9E-06	8.23E-06				
0.000604	0.000312	0.001936	2.3E-05	5.46E-05	0.000178	7.11E-05	0.000151	8.67E-07	0.000715	0.000666	2.64E-05	5.07E-05	0.000499				
0.006456	0.005142	0.00061	7.67E-05	0.001285	0.000287	0.00163	0.000863	0.000714	8.67E-07	0	0.000292	0.000318	0.000557				
4.38E-05	1.99E-05	0.000184	4.33E-07	1.3E-06	0	5.11E-05	4.33E-07	0	0	4.77E-05	1.3E-05	3.34E-05	6.93E-06				
0.000371	9.14E-05	0.000339	6.5E-06	5.2E-06	9.97E-06	4.29E-05	2.43E-05	1.3E-06	0.000651	0.000713	4.2E-05	7.84E-05	0.000546				
0.005649	0.004787	0.000551	0.000157	0.002208	0.001412	0.002083	0.000549	0.000176	4.33E-07	1.73E-06	0.000264	0.000414	0.002325				
0.001802	0.000571	0.000239	7.5E-05	7.32E-05	6.89E-05	0.00035	0.000204	3.9E-06	4.33E-06	8.67E-07	6.98E-05	4.33E-06	7.19E-05				
0.000631	0.000782	0.001768	2.38E-05	4.16E-05	2.56E-05	0.00016	2.9E-05	3.9E-06	8.67E-07	8.67E-07	0.000106	8.67E-06	6.93E-05				
0.002151	0.000374	0.00152	4.33E-05	4.03E-05	1.26E-05	0.000648	5.24E-05	6.93E-06	0.001189	0.004266	0.000128	0.001263	0.002179				
0.001093	0.000329	0.002993	5.5E-05	7.37E-05	3.99E-05	0.00053	6.72E-05	7.37E-06	0.000952	4.16E-05	8.02E-05	3.51E-05	0.000581				
0.001152	0.00068	0.002795	2.6E-05	5.94E-05	0.000717	0.000311	4.12E-05	0.000134	0.003736	0.001174	4.07E-05	0.000163	0.003046				
0.010918	0.009489	0.00063	0.000473	0.000771	0.000123	0.002802	0.001363	0.000176	8.67E-07	4.33E-07	0.000396	0.000577	0.001056				
1.17E-05	5.2E-05	0.000769	2.08E-05	4.33E-07	1.47E-05	9.79E-05	6.5E-06	2.17E-06	0.000305	0.000987	1.3E-06	0	0.000386				
0.000428	0.000684	0.003376	2.86E-05	0.000123	7.11E-05	0.00011	0.000334	5.42E-05	0.001848	0.001112	2.08E-05	0.000161	0.001196				
0.00139	0.01352	0.001068	4.07E-05	0.000221	3.6E-05	0.000461	0.000123	1.3E-06	0.000411	0.003436	9.45E-05	0.000136	0.003623				
0.001556	0.000396	0.00177	2.99E-05	5.24E-05	0.000139	0.000428	1.91E-05	1.95E-05	0.001644	0.006489	0.00012	5.76E-05	0.000678				
0.002159	0.001878	0.000128	4.68E-05	0.000416	2.08E-05	0.001318	0.000865	0.000315	4.33E-07	0	0.0001	0.001122	0.000148				
3.34E-05	2.38E-05	9.71E-05	5.2E-06	1.73E-06	4.33E-07	3.03E-06	2.17E-06	0	1.13E-05	4.33E-06	4.33E-07	3.03E-06	2.6E-06				
0.000524	0.00016	0.000241	2.47E-05	1.91E-05	1.39E-05	7.97E-05	2.95E-05	1.73E-06	0	2.17E-06	3.99E-05	8.67E-07	2.47E-05				
3.86E-05	1.52E-05	0.000586	4.33E-07	1.3E-06	8.67E-07	6.5E-06	1.3E-06	0	0.000175	4.33E-07	3.47E-06	0	3.9E-06				
2.47E-05	0.004403	0.000738	0	2.17E-06	0	7.37E-06	0.00011	0	0	0.000208	3.03E-06	0	2.17E-06				
9.97E-06	0.000107	0.00036	4.33E-07	4.33E-07	2.6E-06	1.73E-06	3.47E-06	0	0	0.000307	3.47E-06	0	1.3E-06				
1.3E-06	8.67E-07	0.000104	4.33E-07	0	0	0	0	4.33E-07	0	2.04E-05	4.33E-07	0	0				
0.001366	0.001025	0.000123	2.77E-05	0.001266	1.52E-05	0.000311	0.000592	4.77E-06	4.33E-07	0	6.37E-05	4.33E-07	4.85E-05				
0.002136	0.000593	0.000217	3.73E-05	8.71E-05	0.000116	0.0005	0.000587	1.21E-05	0	4.33E-07	0.000211	0.000601	0.000779				
4.51E-05	0.002752	0	1.3E-06														

## Біграми які не перетинаються з без пробілів:

	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	Й	К	Л	М	Н	О	П	Р
А	0.000306	0.001504	0.005596	0.001466	0.003087	0.001694	0.001489	0.005002	0.001626	0.000763	0.00621	0.01065	0.00403	0.00755	0.0015	0.002847	0.00384
Б	0.001117	1.47E-05	9.53E-05	1.47E-05	3.12E-05	0.002446	8.67E-06	5.2E-06	0.000877	0	0.000257	0.000911	4.07E-05	0.000378	0.002662	1.04E-05	0.001347
В	0.006489	0.00024	0.000447	0.000386	0.000762	0.005271	6.5E-05	0.000748	0.004041	4.33E-06	0.000782	0.001339	0.000455	0.001871	0.009196	0.001042	0.000952
Г	0.001137	4.07E-05	0.000133	1.82E-05	0.001335	0.000604	7.8E-06	3.64E-05	0.000909	0	0.000148	0.00175	2.25E-05	0.000394	0.010572	0.000114	0.001419
Д	0.005066	7.71E-05	0.00123	6.24E-05	7.54E-05	0.005343	2.6E-05	5.2E-05	0.003082	8.67E-07	0.000297	0.000973	0.000177	0.002119	0.004396	0.000236	0.002236
Е	0.000198	0.002334	0.003598	0.004601	0.003977	0.00225	0.001425	0.002061	0.001571	0.002897	0.002105	0.007481	0.005706	0.01019	0.001988	0.003132	0.008134
Ж	0.001584	7.11E-05	2.51E-05	2.51E-05	0.000925	0.004388	1.99E-05	7.8E-06	0.001651	0	9.62E-05	5.2E-06	2.25E-05	0.00142	5.72E-05	9.53E-06	4.33E-06
З	0.006135	0.000243	0.001025	0.000502	0.000858	0.000293	0.000198	0.000133	0.000455	1.21E-05	0.000295	0.000276	0.000416	0.002019	0.000834	0.000208	0.000276
И	0.000325	0.001483	0.005217	0.001263	0.002833	0.003681	0.000621	0.002854	0.00247	0.001533	0.003428	0.005776	0.004049	0.005734	0.00199	0.002664	0.001204
Й	0.000233	0.000369	0.000775	0.000334	0.000743	0.000126	0.000162	0.000178	0.000705	0.000204	0.000722	0.000247	0.000408	0.001078	0.000562	0.000823	0.000376
К	0.008985	0.000461	0.000795	0.000143	0.000276	0.000594	0.000223	9.36E-05	0.003247	2.69E-05	0.000389	0.000465	0.000198	0.002238	0.010089	0.000412	0.001903
Л	0.008053	0.000306	0.000815	0.000399	0.000665	0.005352	0.000494	0.000164	0.007944	6.07E-06	0.001269	0.000196	0.000145	0.001136	0.008116	0.000993	0.000252
М	0.003294	0.000328	0.000766	0.000394	0.000398	0.003452	0.000132	0.000172	0.004483	3.47E-06	0.00066	0.000299	0.000266	0.001922	0.004782	0.001032	0.000228
Н	0.012547	0.000326	0.000552	0.000256	0.001107	0.010527	5.29E-05	0.000211	0.009599	2.6E-06	0.000451	4.25E-05	0.000118	0.003693	0.010824	0.000582	0.000188
О	0.000211	0.005403	0.011706	0.006067	0.00655	0.003552	0.002425	0.001687	0.002377	0.004292	0.003008	0.008323	0.006514	0.010196	0.002524	0.00373	0.007849
П	0.001371	8.67E-07	1.73E-06	1.13E-05	2.6E-06	0.002888	0	0	0.000889	8.67E-07	7.97E-05	0.000789	8.67E-07	8.58E-05	0.010142	5.29E-05	0.007364
Р	0.009643	0.00021	0.000495	0.000377	0.000431	0.007018	0.000383	8.41E-05	0.006053	6.93E-06	0.000335	9.1E-05	0.000377	0.000918	0.007858	0.000274	5.37E-05
С	0.001769	0.000233	0.002334	0.000146	0.000536	0.003813	0.000144	0.000113	0.001822	8.67E-07	0.006166	0.00297	0.00124	0.001774	0.003534	0.002344	0.000484
Т	0.00649	0.000306	0.003592	0.000148	0.00046	0.005319	8.67E-05	0.000118	0.004484	2.6E-06	0.000727	0.000373	0.000201	0.000373	0.001652	0.017495	0.000521
У	0.000167	0.000898	0.001597	0.001629	0.002368	0.000364	0.001556	0.001074	0.000681	0.000102	0.001427	0.001503	0.001403	0.001107	0.000466	0.001431	0.000838
Ф	0.000174	9.53E-06	2.43E-05	1.73E-06	4.33E-06	0.000143	1.73E-06	6.07E-06	0.000646	5.2E-06	1.13E-05	8.93E-05	5.2E-06	1.91E-05	0.000103	2.43E-05	0.000582
Х	0.001024	0.000172	0.000497	0.00014	0.00021	0.000111	4.68E-05	8.84E-05	0.000493	2.6E-06	0.000232	0.000289	0.000192	0.000446	0.002768	0.000464	0.000217
Ц	0.000678	9.53E-06	4.68E-05	1.56E-05	1.04E-05	0.00104	0	7.8E-06	0.000282	8.67E-07	0.000134	6.93E-06	1.04E-05	2.34E-05	0.000436	3.73E-05	6.93E-06
Ч	0.002408	1.39E-05	3.29E-05	6.07E-06	1.04E-05	0.003737	8.67E-07	2.6E-06	0.001725	0	0.000296	4.68E-05	9.53E-06	0.000595	9.79E-05	2.86E-05	3.81E-05
Ш	0.00173	7.8E-06	2.25E-05	3.47E-06	7.8E-06	0.002651	8.67E-07	1.73E-06	0.002124	8.67E-07	0.000458	0.000491	1.91E-05	0.000435	0.000326	5.72E-05	5.2E-06
Щ	0.000428	8.67E-07	1.73E-06	0	0	0.001528	0	8.67E-07	0.00088	0	2.6E-06	0	8.67E-07	3.03E-05	8.67E-07	1.73E-06	4.33E-06
Ы	5.55E-05	0.000672	0.001699	0.000203	0.00035	0.001486	6.41E-05	0.00022	0.000506	0.001673	0.000447	0.002849	0.001972	0.000857	0.000387	0.000613	0.000456
Ь	0.000445	0.00046	0.0001306	0.000295	0.000471	0.002146	7.19E-05	0.000446	0.001048	7.8E-06	0.00204	0.000158	0.000604	0.002353	0.000854	0.000995	0.00023
Э	0	0	5.2E-06	6.07E-06	6.93E-06	0	0	5.2E-06	0	1.56E-05	5.63E-05	0.000106	7.8E-06	2.95E-05	0	7.8E-06	2.34E-05
Ю	0.000108	0.000563	0.000295	0.000114	0.000674	8.15E-05	6.59E-05	8.32E-05	0.000309	0	0.000243	0.000112	0.000168	0.000324	0.000243	0.000318	0.000167
Я	0.000282	0.000534	0.001659	0.000486	0.001289	0.000488	0.000698	0.001431	0.000998	5.55E-05	0.001056	0.001218	0.000802	0.002236	0.000831	0.001113	0.000326
С	0.006002	0.006586	0.000557	0.000724	0.001237	0.000125	0.001383	0.001614	0.000292	8.67E-07	0	0.000341	0.00088	0.000341	0.00088	0.003002	
Т	9.45E-05	7.8E-06	0.001212	0	0.000118	5.2E-06	3.12E-05	6.07E-06	0.00022	0.004696	0.000153	4.85E-05	2.6E-06	0.000552			
У	0.00437	0.000788	0.001101	2.77E-05	8.15E-05	3.64E-05	0.000207	0.001435	6.07E-06	0.002914	0.000216	0.000326	2.6E-06	0.000274			
Ф	0.000191	2.86E-05	0.000793	8.67E-07	4.33E-06	1.73E-06	3.47E-05	1.21E-05	0	2.6E-06	2.6E-06	6.07E-06	5.2E-06	8.67E-06			
Х	0.000583	0.000317	0.001924	2.34E-05	5.72E-05	0.000202	7.28E-05	0.000146	0	0.000693	0.000636	2.86E-05	4.68E-05	0.000484			
Ц	0.006415	0.005119	0.000607	9.1E-05	0.001267	0.000295	0.001648	0.000887	0.000685	8.67E-07	0	0.000273	0.00031	0.000551			
Ч	4.77E-05	2.34E-05	0.000208	0	8.67E-07	0	5.72E-05	0	0	0	5.98E-05	1.47E-05	3.29E-05	1.04E-05			
Ш	0.000383	9.1E-05	0.000339	9.53E-06	7.8E-06	1.04E-05	4.33E-05	2.43E-05	0	0.000678	0.000711	4.25E-05	8.15E-05	0.000531			
Щ	0.005594	0.004732	0.000568	0.00016	0.002221	0.001412	0.002057	0.000569	0.000168	8.67E-07	8.67E-07	0.000249	0.00038	0.002329			
Ы	0.001821	0.000566	0.000242	7.54E-05	7.89E-05	7.11E-05	0.000354	0.000203	5.2E-06	5.2E-06	0	6.93E-05	5.2E-06	7.11E-05			
Ь	0.000672	0.00076	0.001742	2.08E-05	4.42E-05	3.03E-05	0.00017	3.38E-05	3.47E-06	1.73E-06	8.67E-07	9.88E-05	7.8E-06	6.93E-05			
Э	0.002138	0.000388	0.001481	4.68E-05	4.33E-05	1.65E-05	0.000637	4.94E-05	6.93E-06	0.001173	0.004285	0.000126	0.001286	0.002131			
Ю	0.001101	0.000329	0.003003	4.77E-05	7.71E-05	4.42E-05	0.000528	6.15E-05	5.2E-06	0.000956	4.68E-05	7.71E-05	3.64E-05	0.000587			
Я	0.001185	0.000688	0.002763	2.51E-05	5.89E-05	0.000711	0.000324	4.59E-05	0.000133	0.003738	0.001167	4.33E-05	0.000149	0.003067			
А	0.011055	0.00949	0.00063	0.000488	0.000744	0.00013	0.002741	0.00137	0.000189	8.67E-07	0	0.000384	0.000586	0.001028			
Б	1.3E-05	5.55E-05	0.000775	2.34E-05	8.67E-07	1.3E-05	9.88E-05	6.07E-06	1.73E-06	0.000305	0.000991	8.67E-07	0	0.000404			
В	0.000426	0.000674	0.003366	2.51E-05	0.000119	6.93E-05	9.53E-05	0.000308	5.63E-05	0.001838	0.001126	1.47E-05	0.000153	0.001193			
Г	0.001386	0.013487	0.001055	4.07E-05	0.000227	3.12E-05	0.000454	0.000139	8.67E-07	0.000435	0.003371	9.71E-05	0.000135	0.003655			
Д	0.001551	0.000386	0.001722	2.69E-05	4.42E-05	0.00014	0.000425	1.65E-05	2.08E-05	0.00164	0.0065	0.000117	5.63E-05	0.000682			
Е	0.002175	0.001873	0.000137	4.33E-05	0.000433	1.56E-05	0.001354	0.000882	0.000311	8.67E-07	0	0.000101	0.001153	0.000143			
Ж	3.03E-05	2.86E-05	9.45E-05	4.33E-06	2.6E-06	0	3.47E-06	2.6E-06	0	1.21E-05	4.33E-06	0	0	2.6E-06			
З	0.000534	0.00016	0.000251	2.43E-05	2.17E-05	1.3E-05	7.37E-05	3.9E-05	1.73E-06	0	8.67E-07	4.59E-05	0	2.43E-05			
И	3.12E-05	1.56E-05	0.000595	8.67E-07	1.73E-06	1.73E-06	6.07E-06	8.67E-07	0	0.000175	0	2.6E-06	0	4.33E-06			
Й	2.51E-05	0.004379	0.000727	0	2.6E-06	0	7.8E-06	0.000101	0	0	0.000197	2.6E-06	0	1.73E-06			
К	8.67E-06	0.000105	0.000371	0	8.67E-07	3.47E-06	8.67E-07	4.33E-06	0	0	0.000294	1.73E-06	0	0			
Л	8.67E-07	1.73E-06	9.27E-05	8.67E-07	0	0	0	0	8.67E-07	0	1.82E-05	0	0	0			
М	0.001367	0.001019	0.000127	2.69E-05	0.001256	1.73E-05	0.000302	0.000615	5.2E-06	0	0	6.24E-05	0	4.51E-05			

## Работа с программой CoolPinkProgram:

$H^{(10)}$

Лабораторная работа №1

Произвольная часть текста:  
нее\_как\_у

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: 50

Поле ввода символов:

Продолжить Другой

Неравенство для энтропии:  
 $2,69753720482381 < H < 3,28923358080757$

Двоичная таблица угаданных символов:

00000000100000000000000000000000
00100000000000000000000000000000
00000000000000000000000000000000
00000000000000000000000000000000
10000000000000000000000000000000
10000000000000000000000000000000

Вероятности:

$q[1] = 0,4081632$
$q[2] = 0,1224489$
$q[3] = 0,0204081$
$q[4] = 0,0408163$
$q[5] = 0,0408163$
$q[6] = 0$
$q[7] = 0$
$q[8] = 0,0204081$
$q[9] = 0,0204081$
$q[10] = 0$
$q[11] = 0,020408$
$q[12] = 0$
$q[13] = 0$
$q[14] = 0$
$q[15] = 0,020408$
$q[16] = 0$
$q[17] = 0,020408$
$q[18] = 0$
$q[19] = 0,020408$
$q[20] = 0$
$q[21] = 0$
$q[22] = 0,020408$
$q[23] = 0,040816$
$q[24] = 0$
$q[25] = 0,040816$
$q[26] = 0,020408$
$q[27] = 0,020408$
$q[28] = 0,020408$
$q[29] = 0,040816$
$q[30] = 0,040816$
$q[31] = 0$
$q[32] = 0$

Строка состояния:

$H^{(20)}$

Лабораторная работа №1

Произвольная часть текста:  
него\_были\_эти\_особы

Использованные буквы:

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

Введенный символ:

Символ по счету:

Номер эксперимента: 50

Поле ввода символов:

Продолжить Другой

Неравенство для энтропии:  
 $1,42239441595367 < H < 2,1329560111027$

Двоичная таблица угаданных символов:

10000000000000000000000000000000
00000000000000000000000000000000
00000000000000000000000000000000
00100000000000000000000000000000
10000000000000000000000000000000
00000000000000000000000000000000

Вероятности:

$q[1] = 0,5714285$
$q[2] = 0,1632653$
$q[3] = 0,0816326$
$q[4] = 0$
$q[5] = 0,0408163$
$q[6] = 0$
$q[7] = 0,0408163$
$q[8] = 0$
$q[9] = 0$
$q[10] = 0$
$q[11] = 0,020408$
$q[12] = 0$
$q[13] = 0$
$q[14] = 0,020408$
$q[15] = 0,020408$
$q[16] = 0$
$q[17] = 0$
$q[18] = 0$
$q[19] = 0$
$q[20] = 0,020408$
$q[21] = 0$
$q[22] = 0$
$q[23] = 0$
$q[24] = 0$
$q[25] = 0$
$q[26] = 0,020408$
$q[27] = 0$
$q[28] = 0$
$q[29] = 0$
$q[30] = 0$
$q[31] = 0$
$q[32] = 0$

Строка состояния:



$$\mathrm{H}^{(30)}$$
[illegible]

Порядок n-грам	H (біт/символ)	Надлишковість R
H <sup>10</sup>	2,697 < H < 3,289	0,401323
H <sup>20</sup>	1,422 < H < 2,132	0,644465
H <sup>30</sup>	1,610 < H < 2,244	0,614523

## Висновки:

У ході лабораторної роботи ми практично переконалися, що ентропія тексту як джерела інформації є ключовим показником його передбачуваності, а надлишковість відображає, наскільки структура мови обмежує випадковість. Аналізуючи "Війну і мир", ми побачили, що ентропія поступово зменшується від максимальної  $H_0$  через  $H_1$  до  $H_2$ . Це демонструє, що пари символів додають залежності.

Цікаво, що включення пробілів знижує ентропію, вони ділять текст на слова, додаючи контекст, який робить розподіл символів більш упорядкованим. Водночас, різниця між перетинними та неперетинними біграмами мінімальна, текст досить однорідний, щоб статистика не залежала від кроку. Наші значення надлишковості вийшли нижчими за очікувані 70–75% для повної мови, бо ми обмежилися короткими моделями (до двох символів).

Робота показала, що для надійного шифрування джерело має бути максимально хаотичним, на відміну від природної мови, яка за своєю суттю економить інформацію.