

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»  
ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

**КРИПТОГРАФІЯ**  
**КОМП'ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ №1**

Експериментальна оцінка ентропії на символ джерела  
відкритого текст

Виконали  
Студенти групи ФБ-22:  
Філонов Дмитро  
Швайка Олексій

**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:

1. 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.
2. За допомогою програми CoolPinkProgram оцінити значення  $(10) H$ ,  $(20) H$ ,  $(30) H$ .
3. Використовуючи отримані значення ентропії, оцінити надлишковість російської мови в різних моделях джерела.

### Хід роботи

Спочатку ми обрахували кількість та частоту літер(біграм) в тексті для кожного випадку

Для літер

```
# розрахунок кількості монограм, їхньої частоти, ентропії та надлишковості
# побудова датафрейму з даними
def monograms(text, alphabet, spaces):
    monogram_counts = Counter(text)
    total_letters = sum(monogram_counts.values())

    freq = frequency(monogram_counts, total_letters)
    H1 = entropy(freq)
    redundance_res = redundance(H1, alphabet)

    df = make_dataframe('Monogram', spaces, total_letters, monogram_counts)

    return freq, H1, redundance_res, df
```

Для біграм(що перетинаються)

```
def bigrams(text, alphabet, spaces):
    bigrams = [text[i:i+2] for i in range(len(text)-1)]
    bigram_counts = Counter(bigrams)
    total_bigrams = len(text)

    freq = frequency(bigram_counts, total_bigrams)
    H2 = entropy(freq) / 2
    redundance_res = redundance(H2, alphabet)

    df = make_dataframe('Bigram', spaces, total_bigrams, bigram_counts)
    matrix = build_matrix(alphabet, bigram_counts, total_bigrams, 'bigram_matrix', spaces)

    return freq, H2, redundance_res, df, matrix
```

(variable) bigram\_counts: Counter

Для біграм(що не перетинаються)

```
def bigrams_with_step_2(text, alphabet, spaces):
    bigrams = [text[i:i+2] for i in range(0, len(text)-1, 2)]
    bigram_counts = Counter(bigrams)
    total_bigrams = len(bigrams)

    freq = frequency(bigram_counts, total_bigrams)
    H2 = entropy(freq) / 2
    redundance_res = redundance(H2, alphabet)

    df = make_dataframe('Step2_Bigram', spaces, total_bigrams, bigram_counts)
    matrix = build_matrix(alphabet, bigram_counts, total_bigrams, 'bigram_matrix_step2', spaces)

    return freq, H2, redundance_res, df, matrix
```

Функція для обчислення частоти

```
# розрахунок частоти
def frequency(sum, total):
    freq = {}
    for value in sum:
        freq[value] = sum[value] / total

    return freq
```

Частота і кількість літер в тексті (з пробілами)

	Count	Frequency
	147480	0,166307
о	83985	0,094706
а	59830	0,067468
е	54245	0,06117
и	50790	0,057274
н	48715	0,054934
т	46469	0,052401
л	40603	0,045786
с	38968	0,043943
р	30598	0,034504
в	28542	0,032186
к	27624	0,03115
д	23454	0,026448
м	23149	0,026104
у	21124	0,023821
п	19944	0,02249
ы	14504	0,016356

ь	13948	0,015729
б	13667	0,015412
я	13546	0,015275
з	13303	0,015001
г	12668	0,014285
ч	10640	0,011998
й	8389	0,00946
ж	7735	0,008722
х	6691	0,007545
ш	5929	0,006686
ю	5639	0,006359
э	4245	0,004787
ё	4131	0,004658
щ	2438	0,002749
ц	2078	0,002343
ф	1563	0,001763
ъ	160	0,00018

Частота і кількість літер в тексті (без пробілів)

Letter	Count	Frequency	ь	13948	0,018866
о	83985	0,113599	б	13667	0,018486
а	59830	0,080926	я	13546	0,018322
е	54245	0,073372	з	13303	0,017994
и	50790	0,068699	г	12668	0,017135
н	48715	0,065892	ч	10640	0,014392
т	46469	0,062854	й	8389	0,011347
л	40603	0,05492	ж	7735	0,010462
с	38968	0,052708	х	6691	0,00905
р	30598	0,041387	ш	5929	0,00802
в	28542	0,038606	ю	5639	0,007627
к	27624	0,037364	э	4245	0,005742
д	23454	0,031724	ё	4131	0,005588
м	23149	0,031311	щ	2438	0,003298
у	21124	0,028572	ц	2078	0,002811
п	19944	0,026976	ф	1563	0,002114
ы	14504	0,019618	ъ	160	0,000216

Частота пересічних біграм(з пробілами)

	а	б	в	г	д	е	ё	ж	з	и	й	к	л	м	н	о	п	р
а	3,8E-05	0,00096	0,00235	0,00071	0,00208	0,00096	3,5E-05	0,00117	0,00392	7,4E-05	0,00098	0,00412	0,00968	0,00231	0,00305	3,3E-05	0,0008	0,00208
б	0,00089	2,6E-05	1E-05	1,1E-06	1,6E-05	0,00167	0,00013	1,1E-05	3,4E-06	0,00123	0	0,00018	0,00075	2,8E-05	0,00035	0,0022	1,1E-06	0,00107
в	0,00457	9E-06	5,5E-05	5,6E-06	0,00021	0,00446	0,00014	0	0,00046	0,00279	0	0,00027	0,00053	0,00016	0,00092	0,0051	0,00018	0,00059
г	0,001	3,4E-06	5,6E-06	2E-05	0,00132	0,00028	0	0	3,4E-06	0,00058	0	0,00013	0,00143	0	0,00034	0,00645	0	0,00093
д	0,0041	3,8E-05	0,00098	2E-05	3,6E-05	0,00498	0,0003	0,00098	1E-05	0,00251	0	0,00037	0,00058	4,8E-05	0,00177	0,00366	0,00011	0,00086
е	0,00011	0,00102	0,00111	0,00277	0,00232	0,00058	0,00079	0,00065	0,00108	5,1E-05	0,00223	0,00106	0,00482	0,00309	0,00567	0,00013	0,00074	0,00635
ё	0	1E-05	2,6E-05	5,5E-05	0,00011	0	0	1,5E-05	7,9E-05	0	9E-06	7E-05	0,00042	0,00038	0,00042	0	3,6E-05	0,00026
ж	0,00113	2,7E-05	1,1E-06	9E-06	0,00062	0,00319	8,9E-05	2,3E-05	0	0,00119	0	9,9E-05	5,6E-06	1,1E-05	0,00111	0,00046	0	0
з	0,00634	0,00011	0,00075	0,00028	0,00091	0,00022	9E-06	8,5E-05	2,3E-05	0,00045	0	0,00013	0,0002	0,00036	0,00151	0,00065	0	0,00024
и	0,00013	0,00046	0,0016	0,00099	0,00155	0,00162	1E-05	0,00024	0,00187	0,00052	0,00079	0,0025	0,00513	0,00305	0,00376	0,00021	0,00015	0,00084
й	7,9E-06	1,1E-06	0,00049	3,4E-06	0,00017	9E-06	0	0	1,5E-05	0	0	8,9E-05	0,00012	0,00013	0,0003	4,4E-05	1,8E-05	0,00015
к	0,00763	1,1E-06	9,1E-05	1,1E-06	1,1E-06	0,00078	1,1E-06	6,5E-05	6,8E-06	0,00285	0	2,6E-05	0,00071	7,9E-06	0,00034	0,00781	0	0,00184
л	0,00652	4,4E-05	5,1E-05	0,00014	5,9E-05	0,00386	0,00033	0,00044	2,7E-05	0,00731	0	0,00038	0,0005	8,3E-05	0,00024	0,00533	1,8E-05	0
м	0,0031	4,6E-05	2,3E-06	3,4E-05	0	0,00297	6,7E-05	0	0	0,00283	0	0,00012	0,00011	9,7E-05	0,00129	0,00396	0,00022	3,2E-05
н	0,01032	1,1E-06	2E-05	0,00016	0,00073	0,0083	0,00021	1,7E-05	3,3E-05	0,00759	0	0,00035	9E-06	0	0,00197	0,00967	1,1E-06	7,7E-05
о	1,1E-05	0,00329	0,00611	0,00444	0,0043	0,00141	0,00012	0,00208	0,00121	0,00069	0,00324	0,00217	0,00605	0,00507	0,00864	0,00013	0,00116	0,00561
п	0,00163	0	0	1,1E-06	0	0,00189	1,9E-05	0	0	0,0008	0	9,4E-05	0,0008	0	9,7E-05	0,0098	0,0001	0,00553
р	0,00642	0,00015	0,00027	0,00018	0,00044	0,00519	0,00022	0,00025	3,6E-05	0,00473	0	0,00028	0,0001	0,0003	0,00093	0,00669	5,5E-05	0,00011
с	0,00122	0,00049	0,00107	1,6E-05	0,00034	0,00208	0,00078	3,5E-05	7,9E-06	0,00239	0	0,00349	0,00287	0,00106	0,0011	0,00251	0,00161	0,0002
т	0,00582	0,0001	0,00158	4,5E-06	6,8E-05	0,00529	9,9E-05	1,1E-06	1,1E-06	0,00424	0	0,00073	0,00016	4,3E-05	0,00093	0,01441	0,00019	0,0025
у	7,9E-05	0,00066	0,00077	0,00072	0,00167	0,00014	1,1E-06	0,00123	0,00041	0,00016	0,00013	0,00094	0,00194	0,00138	0,00038	2,1E-05	0,00054	0,00051
ф	0,00023	3,4E-06	0	4,5E-06	0	0,00012	1,1E-06	0	0	0,00039	0	3,4E-06	9,9E-05	0	3,4E-06	0,00037	2,3E-06	0,00014
х	0,00073	0	0,00019	2,3E-06	0	0,00036	0	0	1,1E-06	0,00021	0	3,4E-06	0,00012	6,8E-05	0,00025	0,00217	4,5E-06	0,00015
ц	0,00044	0	6,4E-05	2,3E-06	0	0,00066	0	0	1,1E-06	0,00058	0	1,5E-05	0	0	1,1E-06	0,00014	0	1,1E-06
ч	0,00172	1,1E-06	1,1E-06	0	0	0,00231	0,0003	0	0	0,00167	0	0,00056	1,4E-05	1,4E-05	0,00085	0,0001	3,4E-06	2E-05
ш	0,00106	0	3,7E-05	0	0	0,00163	0,00031	0	0	0,00116	0	0,00044	0,00045	1,1E-05	0,00018	0,0003	1E-05	6,8E-06
щ	0,00033	0	0	1,1E-06	0	0,00069	0,00062	0	0	0,00089	0	0	0	0	6,9E-05	1,1E-06	0	2,3E-06
ъ	0	0	0	0	0	0,0001	1,1E-05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ы	0	0,00032	0,00073	0,00023	8,3E-05	0,00099	0	5,2E-05	6,8E-05	1,1E-05	0,00133	0,00018	0,00303	0,00111	0,00011	0	0,00015	0,00023
ь	0	3,9E-05	1,2E-05	4,3E-05	5,8E-05	0,00017	6,8E-05	0	0,00018	2,3E-05	0	0,00011	0	0,00026	0,00131	2,3E-06	0	1,1E-06
э	7,9E-06	1,1E-06	0,00012	5,6E-06	0,00011	2,3E-06	0	0	0	0	0,00063	0,00019	0,0002	5,6E-05	0,00027	0	7,9E-06	7,8E-05
ю	1,1E-06	0,00017	2,3E-06	1,7E-05	0,0004	0	1,1E-06	7,7E-05	7,9E-06	0	1,6E-05	0,00176	2,3E-05	4,2E-05	4,8E-05	0	7,6E-05	2,9E-05
я	0	2,1E-05	0,00027	6,9E-05	0,00063	6E-05	0	0,00011	0,00024	2,3E-06	5E-05	0,00014	0,00101	0,00032	0,00045	0	1,8E-05	6,7E-05
	0,00191	0,00741	0,01342	0,00335	0,00823	0,00419	5,6E-06	0,0012	0,00532	0,00937	6,3E-05	0,00916	0,00392	0,00661	0,01628	0,01236	0,01628	0,00401

с	т	у	ф	х	ц	ч	ш	щ	ъ	ы	ь	э	ю	я	
0,0035	0,00456	0,00043	7,7E-05	0,00093	0,00024	0,00083	0,00056	0,00028	0	0	0	1,4E-05	0,00115	0,00133	0,01822
0,00012	2,3E-06	0,0012	0	4,5E-05	4,5E-06	4,5E-06	2,3E-06	0,00013	7,7E-05	0,00451	3,2E-05	5,6E-06	4,5E-06	0,00044	0,00026
0,00206	0,00029	0,00057	2,3E-06	2,8E-05	9E-06	2,3E-05	0,00028	3,4E-06	5,6E-06	0,00229	0,00012	2,3E-05	0	0,00021	0,00582
0,00041	3,8E-05	0,00062	1,1E-06	0	0	5E-05	1,7E-05	0	0	0	0	3,4E-06	0	0	0,00066
0,00027	0,00022	0,00185	0	1,7E-05	0,00021	1,1E-05	5E-05	0	2,6E-05	0,00043	0,0003	5,2E-05	0,00013	0,00031	0,00122
0,00385	0,00477	6,1E-05	0,00018	0,00035	0,00022	0,00059	0,00076	0,00066	0	0	0	0	0,0001	0,00019	0,01486
9,2E-05	0,00048	1,1E-06	0	4,4E-05	0	2,3E-05	4,8E-05	0	0	0	0	0	0	0	0,00209
5,6E-06	0	0,00025	0	0	1,1E-06	0,00012	2,3E-06	0	0	0	1,8E-05	0	0	0	0,00036
3,4E-06	1,9E-05	0,00031	0	0	7,9E-06	1,4E-05	2,3E-06	0	1,1E-05	0,00036	0,00012	1,1E-06	0	0,00018	0,00172
0,00353	0,00369	1,4E-05	0,00022	0,00163	0,00064	0,00085	0,00092	7,9E-05	0	0	0	2,3E-06	0,00027	0,00091	0,01911
0,00039	0,00034	0	1,5E-05	2,3E-06	1,9E-05	0,00018	2,7E-05	0	0	0	0	0	0	3,3E-05	0,0069
0,00043	0,00083	0,00166	0	0,00032	5,8E-05	0	4,5E-06	0	0	0	4,5E-06	2E-05	1,1E-06	0	0,00567
0,00168	6,4E-05	0,00121	5,6E-06	5,3E-05	0	8,5E-05	9E-06	2,3E-06	0	0,0008	0,00423	0,00015	0,0026	0,00149	0,00806
0,00017	5,6E-06	0,00179	2,3E-06	2,3E-06	2,3E-06	3,9E-05	3,4E-06	1,1E-06	0	0,0009	7,7E-05	0,00012	0	0,00038	0,00774
0,00072	0,00066	0,00288	6,7E-05	1,5E-05	0,00026	0,00016	1,9E-05	0,0002	1,1E-05	0,00304	0,00099	5,6E-06	0,00014	0,00125	0,00506
0,00548	0,00661	0,00014	0,00019	0,00061	9,5E-05	0,00188	0,00085	0,00033	0	0	0	6,8E-05	0,00014	0,00084	0,02173
3,5E-05	8,2E-05	0,00071	0	0	4,5E-06	1,7E-05	3,4E-06	0	0	0,00036	9,6E-05	1,5E-05	1,1E-06	0,00025	0,00016
0,00027	0,00066	0,00255	3,6E-05	0,00012	2,1E-05	7,6E-05	0,0001	3,9E-05	0	0,00159	0,00064	4,3E-05	9E-05	0,00082	0,00112
0,00096	0,00925	0,00055	2,1E-05	0,00019	6E-05	0,00024	6,4E-05	1,1E-06	4,1E-05	0,00032	0,00278	4,7E-05	0,00012	0,00392	0,00412
0,00119	0,00012	0,00134	2E-05	1,2E-05	1,8E-05	8E-05	1,6E-05	3,4E-06	9E-06	0,00161	0,00547	1,7E-05	3,8E-05	0,00061	0,00571
0,00146	0,00171	2,1E-05	1E-05	0,00038	3,4E-06	0,00095	0,0004	0,00021	0	0	0	3,7E-05	0,00089	5E-05	0,00601
1,1E-06	5,9E-05	0,00013	3,9E-05	0	0	3,4E-06	1,1E-06	0	0	6,8E-06	0	1,4E-05	4,5E-06	0	0,00013
3,4E-05	7,9E-06	0,00014	0	0	0	0	5,6E-06	0	0	0	3,4E-06	1,4E-05	0	0	0,00308
0	0	9,9E-05	0	0	2,6E-05	0	0	0	0	0,00012	0	0	0	0	0,00019
0	0,0035	0,00052	0	0	0	1,1E-06	0,00018	0	0	0	0,00018	0	0	0	5,8E-05
0	0,00018	0,00019	0	0	4,5E-06	2,3E-06	0	0	0	0	0,00064	0	1,1E-06	0	7,8E-05
0	0	0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	4,6E-05	0	0	0	3,4E-06
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,8E-05	0
0,00055	0,00079	3,4E-06	0	0,00076	7,9E-06	0,00014	0,00048	7,9E-06	0	0	0	0	0	3E-05	0,00493
0,00094	0,00014	0	4,6E-05	2,3E-06	0,00014	0,00027	0,00072	5,6E-06	0	0	0	0	0,0004	0,00017	0,00963
2,4E-05	0,00298	0	9E-06	6,8E-06	0	0	6,4E-05	0	0	0	0	1E-05	0	2,3E-06	1,6E-05
0,00015	0,00057	0	0	1,1E-05	4,5E-06	0,00023	1E-05	0,00044	0	0	0	0	7E-05	1,1E-06	0,00221
0,00036	0,00132	0	0	0,00016	4,1E-05	7,7E-05	1,8E-05	0,00026	0	0	0	0	0,00011	9E-05	0,00939
0,01526	0,00846	0,00445	0,00082	0,00185	0,00024	0,00505	0,00106	0,0001	0	0	0	0,00414	9,8E-05	0,00169	0

Частота пересічних біграм(без пробілів)

	а	б	в	г	д	е	ё	ж	з	и	й	к	л	м	н	о	п
а	0,000368	0,002051	0,00432	0,001223	0,003373	0,00184	4,6E-05	0,001504	0,005548	0,001242	0,001147	0,006382	0,011954	0,003749	0,005962	0,00171	0,003016
б	0,001066	3,25E-05	2,16E-05	2,71E-06	2,98E-05	0,002021	0,00017	1,35E-05	2,71E-06	0,001485	0	0,000211	0,000922	3,79E-05	0,00043	0,002705	1,62E-05
в	0,005529	0,000289	0,000395	0,000314	0,000617	0,005608	0,000157	4,87E-05	0,000768	0,003568	2,71E-06	0,00102	0,000809	0,000473	0,001604	0,006544	0,000931
г	0,001225	0,000103	5,41E-05	4,33E-05	0,001555	0,000344	0	2,71E-06	4,6E-05	0,000698	0	0,000165	0,001639	2,16E-05	0,000519	0,007745	0,0001
д	0,004964	0,000103	0,001234	5,95E-05	0,000103	0,006049	0,000354	0,001188	4,06E-05	0,003135	0	0,000555	0,000768	8,93E-05	0,00231	0,004439	0,0003
е	0,000276	0,002226	0,002792	0,003595	0,003703	0,00105	0,00089	0,000906	0,002145	0,000925	0,002648	0,002032	0,006114	0,004512	0,008619	0,001455	0,002546
ё	8,12E-06	0,0002	0,000225	0,000016	0,000254	0,000149	0	9,74E-05	0,000179	0,0001	1,89E-05	0,000138	0,000519	0,000563	0,000655	0,000246	0,000241
ж	0,00135	5,95E-05	3,52E-05	1,62E-05	0,000766	0,003722	0,0001	2,71E-05	2,71E-06	0,001499	0	0,000154	1,08E-05	3,25E-05	0,001396	0,000565	2,16E-05
з	0,007583	0,000168	0,001131	0,000376	0,001177	0,000295	1,35E-05	0,000135	0,000214	0,000611	0	0,000327	0,000289	0,000514	0,002048	0,000879	0,000254
и	0,000444	0,001469	0,004033	0,001653	0,003179	0,002643	1,35E-05	0,000425	0,002854	0,002005	0,000939	0,004318	0,006576	0,004455	0,006639	0,002105	0,002418
й	0,000116	0,000365	0,001115	0,000023	0,000595	0,000146	2,71E-06	0,000127	0,000257	0,000487	0	0,000676	0,000346	0,000606	0,000968	0,000552	0,001082
к	0,009252	0,000246	0,000533	0,000143	0,00036	0,001006	2,71E-06	0,000151	0,00017	0,003996	0	0,000319	0,000977	0,000246	0,001115	0,009755	0,000668
л	0,007905	0,000352	0,000776	0,000482	0,000473	0,005021	0,000408	0,000522	0,000287	0,009246	5,41E-06	0,000985	0,001123	0,000395	0,001263	0,006942	0,000684
м	0,00382	0,000468	0,000752	0,000246	0,000463	0,003739	6,49E-05	8,39E-05	0,000257	0,003993	5,41E-06	0,000687	0,000295	0,000414	0,002391	0,005386	0,001288
н	0,012604	0,0004	0,000557	0,000303	0,001093	0,00999	0,000241	5,95E-05	0,000287	0,009547	0	0,000628	6,49E-05	0,000173	0,00296	0,012035	0,000863
о	0,000219	0,005408	0,00972	0,005868	0,006493	0,002389	0,000141	0,002754	0,002134	0,001886	0,003944	0,00379	0,007951	0,00715	0,013053	0,00227	0,003866
п	0,002026	5,41E-06	2,43E-05	2,71E-06	1,35E-05	0,002137	3,79E-05	0	8,12E-06	0,00096	0	0,000135	0,001017	1,08E-05	0,000138	0,01193	0,000122
р	0,007577	0,000222	0,000419	0,000265	0,000625	0,0063	0,000241	0,000303	6,49E-05	0,005803	0	0,000414	0,000157	0,000362	0,001253	0,008062	0,000187
с	0,001537	0,000803	0,001501	0,00013	0,000668	0,002648	0,000939	7,3E-05	0,000119	0,003198	0	0,004477	0,003568	0,001515	0,001918	0,003308	0,002316
т	0,007112	0,000406	0,002454	0,000111	0,000454	0,006552	0,000119	7,03E-05	0,000151	0,005408	0	0,001234	0,000392	0,000368	0,001842	0,017846	0,000776
у	0,000225	0,000993	0,001569	0,001001	0,002237	0,0003	0	0,001555	0,000684	0,000795	0,000133	0,001501	0,002513	0,002045	0,001374	0,000468	0,001234
ф	0,000265	1,35E-05	8,12E-06	8,12E-06	6,76E-05	0,00017	2,71E-06	0	2,71E-06	0,000495	0	5,41E-06	0,000111	1,08E-05	2,71E-06	0,000419	1,35E-05
х	0,000904	0,000157	0,000457	7,3E-05	0,000249	0,000528	0	3,25E-05	9,2E-05	0,000471	0	0,000292	0,00023	0,000289	0,000636	0,002751	0,000365
ц	0,000517	2,71E-06	6,49E-05	5,41E-06	1,08E-05	0,000836	0	0	1,35E-05	0,000717	0	2,71E-05	1,35E-05	8,12E-06	1,62E-05	0,000187	1,62E-05
ч	0,002088	2,71E-06	2,71E-06	0	5,41E-06	0,002865	0,000344	0	0	0,001996	0	0,000649	2,43E-05	1,35E-05	0,00092	0,000119	1,08E-05
ш	0,001296	0	4,6E-05	1,08E-05	1,08E-05	0,001926	0,000406	2,71E-06	2,71E-06	0,001342	0	0,000533	0,000522	2,43E-05	0,000206	0,000341	2,71E-05
щ	0,000408	0	0	0	0	0,000763	0,000768	0	0	0,00106	0	0	0	0	2,71E-06	7,03E-05	5,41E-06
ъ	0	0	0	0	0	0,000114	1,35E-05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ы	0,000106	0,000671	0,001455	0,000392	0,000441	0,001347	2,71E-06	8,66E-05	0,000322	0,0004	0,00152	0,000446	0,003744	0,001542	0,000728	0,000476	0,000782
ь	0,000162	0,000371	0,001144	0,000219	0,000628	0,000706	7,03E-05	6,22E-05	0,000538	0,000747	0	0,002037	0,000311	0,000817	0,002678	0,000852	0,001012
э	1,35E-05	2,71E-06	0,000119	5,41E-06	0,000127	2,71E-06	0	0	0	0	0,000755	0,000243	0,000246	6,76E-05	0,00033	2,71E-06	8,12E-06
ю	2,71E-05	0,000273	0,000168	6,49E-05	0,000647	3,25E-05	2,71E-06	0,000122	6,49E-05	0,000162	3,79E-05	0,002359	0,000119	0,00016	0,000208	0,000238	0,000319
я	0,0001	0,000446	0,001499	0,000284	0,001282	0,000298	2,71E-06	0,000203	0,000703	0,000703	8,66E-05	0,000798	0,001469	0,000752	0,00184	0,000795	0,001131



р	с	т	у	ф	х	ц	ч	ш	щ	ъ	ы	ь	э	ю	я
0,003051	0,00607	0,006595	0,001136	0,000246	0,001399	0,000298	0,001504	0,000847	0,000344	0	0	0	0,000652	0,001374	0,00181
0,00132	0,00016	1,62E-05	0,001496	0	6,76E-05	2,71E-06	8,12E-06	5,41E-06	0,00016	8,66E-05	0,005465	2,71E-05	0,000151	8,12E-06	0,000522
0,000895	0,003108	0,000676	0,000793	2,98E-05	7,3E-05	4,33E-05	0,000143	0,000452	1,35E-05	8,12E-06	0,002849	0,000143	0,000346	1,89E-05	0,000317
0,001204	0,00059	7,3E-05	0,00072	1,62E-05	5,41E-06	0	7,57E-05	2,16E-05	0	0	0	0	8,12E-06	0	8,12E-06
0,001066	0,000441	0,000308	0,002194	5,41E-06	3,52E-05	0,000257	4,6E-05	6,22E-05	0	3,52E-05	0,000536	0,000381	0,000111	0,000189	0,00035
0,007959	0,006476	0,006641	0,00056	0,000284	0,000714	0,00033	0,001198	0,001031	0,000744	0	0	0	0,00033	0,000122	0,000384
0,000511	0,000303	0,000625	7,03E-05	8,12E-06	9,47E-05	2,71E-06	0,000114	5,41E-05	1,08E-05	0	0	0	5,68E-05	0	1,89E-05
8,12E-06	4,33E-05	2,43E-05	0,000295	2,71E-06	8,12E-06	2,71E-06	0,000187	2,71E-06	0	0	0	1,35E-05	1,62E-05	0	8,12E-06
0,000373	0,0002	8,12E-05	0,000381	1,35E-05	1,62E-05	8,12E-06	5,14E-05	2,16E-05	0	1,62E-05	0,00043	0,000146	4,06E-05	0	0,000233
0,001491	0,006246	0,005516	0,000757	0,000436	0,002286	0,000841	0,001447	0,001271	0,000116	0	0	0	0,000452	0,000295	0,001396
0,000446	0,00125	0,00086	0,000227	0,000103	6,76E-05	4,87E-05	0,000414	0,0001	5,41E-06	0	0	0	0,000124	0	0,000133
0,002378	0,001125	0,001396	0,002221	2,98E-05	0,00049	7,3E-05	0,00017	6,22E-05	2,71E-06	0	0	8,12E-06	0,000187	2,71E-06	0,000106
0,000254	0,002924	0,000574	0,001872	6,49E-05	0,000219	1,08E-05	0,00066	7,57E-05	5,41E-06	0	0,000985	0,005026	0,0005	0,003135	0,001867
0,000227	0,001098	0,000465	0,002381	2,43E-05	0,000106	2,71E-05	0,000368	8,12E-05	2,71E-06	0	0,001125	5,68E-05	0,000317	0	0,000571
0,000243	0,001461	0,000952	0,003712	8,12E-05	0,000119	0,000306	0,000284	3,25E-05	0,000206	1,35E-05	0,003593	0,001212	7,03E-05	0,000168	0,001436
0,007204	0,008941	0,009603	0,000871	0,000265	0,001004	0,000157	0,000362	0,001174	0,000436	0	0	0	0,000787	0,000184	0,001342
0,006779	6,49E-05	0,000111	0,000839	0	0	8,12E-06	2,43E-05	8,12E-06	0	0	0,000446	0,000127	2,16E-05	0	0,000341
0,000146	0,000514	0,000876	0,002989	7,3E-05	0,000195	2,98E-05	9,47E-05	0,00016	5,14E-05	0	0,001902	0,000766	0,000122	0,000108	0,000985
0,000365	0,001907	0,0011243	0,000795	4,6E-05	0,000311	7,57E-05	0,000365	0,000106	0	5,68E-05	0,000403	0,003281	0,000211	0,000127	0,000465
0,003268	0,002015	0,000452	0,001683	8,39E-05	8,93E-05	2,98E-05	0,000411	6,76E-05	8,12E-06	8,12E-06	0,00184	0,006449	0,000225	5,14E-05	0,000775
0,000714	0,00228	0,002443	0,000179	5,68E-05	0,000492	1,08E-05	0,00168	0,000522	0,000265	0	0	0	0,000208	0,001063	0,00013
0,000154	2,71E-06	6,76E-05	0,000143	4,33E-05	0	0	0	0	0	0	1,08E-05	0	1,89E-05	2,71E-06	0
0,000298	0,000306	0,00017	0,000295	4,6E-05	1,62E-05	8,12E-06	6,49E-05	5,68E-05	5,41E-06	0	0	2,71E-06	6,22E-05	2,71E-06	2,16E-05
5,41E-06	1,35E-05	1,08E-05	0,000103	0	5,41E-06	2,98E-05	2,71E-06	0	0	0	0,000135	0	8,12E-06	0	2,71E-06
1,35E-05	1,35E-05	0,004372	0,000625	0	0	0	5,41E-06	0,000233	0	0	0	0,000222	0	0	0
1,08E-05	5,41E-06	0,000206	0,000208	2,71E-06	0	5,41E-06	5,41E-06	0	0	0	0	0,000741	0	2,71E-06	2,71E-06
2,71E-06	0	0	0,000141	0	0	0	0	0	0	0	0	6,22E-05	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,12E-05
0,00039	0,001201	0,001285	0,000206	2,43E-05	0,000933	2,71E-05	0,000254	0,000552	8,12E-06	0	0	0	0,000111	2,71E-06	6,22E-05
0,000211	0,002067	0,000779	0,000268	0,000116	0,000135	0,000157	0,000828	0,000936	8,12E-06	0	0	0	0,000357	0,000482	0,000368
7,57E-05	3,25E-05	0,003525	0	1,62E-05	1,35E-05	0	0	7,57E-05	0	0	0	0	1,62E-05	0	5,41E-06
0,000119	0,000446	0,000847	3,79E-05	1,89E-05	2,71E-05	5,41E-06	0,000414	2,98E-05	0,000555	0	0	0	5,41E-05	8,12E-05	5,41E-05
0,000325	0,001447	0,002159	0,000276	5,14E-05	0,000298	7,57E-05	0,000376	0,000114	0,000365	0	0	0	0,000235	0,000141	0,000184
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

## Частота не пересічних біграм(з пробілами)

	а	б	в	г	д	е	ё	ж	з	и	й	к	л	м	н	о	п
а	4,51E-05	0,000972	0,002298	0,000713	0,002138	0,000992	4,06E-05	0,001074	0,00373	7,67E-05	0,000963	0,004202	0,009484	0,002246	0,002959	3,83E-05	0,000787
б	0,000922	2,48E-05	9,02E-06	0	1,58E-05	0,001748	0,00012	1,35E-05	2,26E-06	0,001238	0	0,000217	0,000737	2,93E-05	0,000347	0,002199	0
в	0,004657	6,77E-06	4,96E-05	4,51E-06	0,000219	0,004434	0,000142	0	0,000449	0,002848	0	0,00028	0,00053	0,000144	0,000929	0,00505	0,000153
г	0,000972	2,26E-06	9,02E-06	2,03E-05	0,00131	0,0003	0	0	6,77E-06	0,000507	0	0,000122	0,001416	0	0,000316	0,006396	0
д	0,004033	4,29E-05	0,001004	1,58E-05	3,83E-05	0,005102	0,000318	0,001013	9,02E-06	0,002463	0	0,00035	0,000564	4,96E-05	0,001766	0,003647	0,000108
е	0,000113	0,001062	0,001123	0,002747	0,002366	0,000586	0,000769	0,000686	0,001078	4,29E-05	0,002228	0,001067	0,004822	0,003142	0,005713	0,000138	0,000713
ё	0	9,02E-06	2,26E-05	5,19E-05	9,7E-05	0	0	4,51E-06	6,99E-05	0	9,02E-06	6,77E-05	0,000438	0,000383	0,00046	0	3,38E-05
ж	0,00108	2,93E-05	0	1,35E-05	0,000634	0,003241	7,44E-05	2,71E-05	0	0,001231	0	0,000101	6,77E-06	1,8E-05	0,001107	0,000449	0
з	0,000518	0,000113	0,000715	0,000277	0,000931	0,000212	1,13E-05	8,57E-05	1,8E-05	0,000438	0	0,00012	0,000212	0,00037	0,001536	0,000659	0
и	0,00012	0,000465	0,001642	0,000968	0,001479	0,001669	1,58E-05	0,000228	0,001827	0,000571	0,000778	0,002567	0,005144	0,003047	0,003624	0,00021	0,000147
й	1,35E-05	2,26E-06	0,000537	2,26E-06	0,000176	6,77E-06	0	0	1,13E-05	0	0	0,000101	0,000117	0,000131	0,000286	4,29E-05	2,71E-05
к	0,007819	2,26E-06	6,54E-05	2,26E-06	0	0,000758	0	6,77E-05	2,26E-06	0,002745	0	2,26E-05	0,000683	1,13E-05	0,000363	0,00774	0
л	0,006468	4,74E-05	5,41E-05	0,000149	7,22E-05	0,003879	0,000318	0,000444	2,71E-05	0,007165	0	0,000374	0,000496	6,09E-05	0,000268	0,005426	1,8E-05
м	0,003162	4,74E-05	4,51E-06	4,29E-05	0	0,003031	4,29E-05	0	0	0,002846	0	9,92E-05	0,000122	0,000101	0,001279	0,004028	0,000214
н	0,010517	0	1,8E-05	0,000183	0,000688	0,008356	0,000196	1,58E-05	1,8E-05	0,007621	0	0,000361	6,77E-06	0	0,001951	0,00965	2,26E-06
о	1,13E-05	0,003261	0,006058	0,004526	0,004323	0,00143	0,000129	0,002064	0,001189	0,000706	0,003356	0,00212	0,006031	0,005099	0,00086	0,000115	0,001134
п	0,001689	0	0	2,26E-06	0	0,001802	1,8E-05	0	0	0,00085	0	0,000104	0,00081	0	9,02E-05	0,009811	0,000117
р	0,006527	0,000149	0,000264	0,000219	0,000435	0,005178	0,000235	0,000266	3,38E-05	0,004617	0	0,000282	0,000111	0,000304	0,000911	0,006669	5,41E-05
с	0,00122	0,000462	0,001107	2,03E-05	0,000313	0,002109	0,000783	3,83E-05	9,02E-06	0,002454	0	0,0003457	0,002982	0,001067	0,001119	0,002447	0,001628
т	0,005762	0,000126	0,001664	6,77E-06	6,99E-05	0,00532	0,000111	0	2,26E-06	0,004242	0	0,000747	0,00016	3,83E-05	0,000931	0,014427	0,000194
у	8,8E-05	0,000661	0,000771	0,000728	0,001746	0,000126	0	0,001234	0,000399	0,000151	0,000122	0,000934	0,001933	0,001353	0,000404	1,13E-05	0,000537
ф	0,000239	4,51E-06	0	4,51E-06	0	0,000133	2,26E-06	0	0	0,000392	0	2,26E-06	8,8E-05	0	2,26E-06	0,000359	2,26E-06
х	0,000747	0	0,000189	2,26E-06	0	0,000361	0	0	2,26E-06	0,000221	0	4,51E-06	0,000108	5,64E-05	0,000253	0,002109	4,51E-06
ц	0,000467	0	5,19E-05	2,26E-06	0	0,000677	0	0	0,000573	0	1,8E-05	0	0	0	2,26E-06	0,00014	0
ч	0,001732	2,26E-06	0	0	0	0,002388	0,000318	0	0	0,001714	0	0,000568	1,13E-05	1,58E-05	0,000862	0,000124	2,26E-06
ш	0,001078	0	5,19E-05	0	0	0,001646	0,000316	0	0	0,001155	0	0,000456	0,000458	1,13E-05	0,000165	0,000277	1,35E-05
щ	0,000352	0	0	2,26E-06	0	0,000686	0,000613	0	0	0,000882	0	0	0	0	7,89E-05	2,26E-06	0
ъ	0	0	0	0	0	9,92E-05	9,02E-06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ы	0	0,000309	0,000733	0,000235	8,12E-05	0,001024	0	4,74E-05	7,22E-05	9,02E-06	0,001333	0,000162	0,003081	0,000115	0,00012	0	0,000135
ь	0	2,93E-05	1,13E-05	5,19E-05	4,74E-05	0,000147	6,54E-05	0	0,000203	1,35E-05	0	0,000123	0	0,000246	0,000132	4,51E-06	0
э	6,77E-06	2,26E-06	0,000101	1,13E-05	0,000113	2,26E-06	0	0	0	0,000571	0,000201	0,000205	4,74E-05	0,000268	0	6,77E-06	0
ю	2,26E-06	0,000156	2,26E-06	1,8E-05	0,000406	0	0	6,54E-05	4,51E-06	0	1,8E-05	0,0001748	2,71E-05	4,29E-05	5,41E-05	0	9,02E-05
я	0	2,26E-05	0,000266	8,34E-05	0,000638	6,31E-05	0	0,000104	0,000248	0	9,96E-05	0,000135	0,000999	0,000311	0,000453	0	1,35E-05
	0,001919	0,007418	0,013214	0,00332	0,008063	0,004163	4,51E-06	0,001189	0,005424	0,009292	5,86E-05	0,009206	0,003947	0,006588	0,016184	0,0124	0,016367

п	р	с	т	у	ф	х	ц	ч	ш	щ	ъ	ы	ь	э	ю	я	
0,000787	0,002077	0,003408	0,004506	0,000422	9,7Е-05	0,000936	0,000257	0,000825	0,000589	0,000262	0	0	0	1,13Е-05	0,001121	0,001301	0,018085
0	0,001022	0,00012	4,51Е-06	0,001166	0	4,96Е-05	0	0	0	0,00012	9,02Е-05	0,004454	2,48Е-05	4,51Е-06	6,77Е-06	0,000429	0,000282
0,000153	0,000631	0,001998	0,000289	0,000566	2,26Е-06	3,83Е-05	1,13Е-05	2,26Е-05	0,000268	4,51Е-06	4,51Е-06	0,002309	0,000124	1,8Е-05	0	0,000217	0,005934
0	0,00097	0,000431	3,16Е-05	0,0006	0	0	0	5,64Е-05	1,8Е-05	0	0	0	0	4,51Е-06	0	0	0,000659
0,000108	0,000889	0,000286	0,000205	0,001906	0	1,35Е-05	0,000214	9,02Е-06	4,74Е-05	0	3,38Е-05	0,000431	0,000295	5,86Е-05	0,000117	0,000302	0,001166
0,000713	0,00636	0,003595	0,004745	5,41Е-05	0,000176	0,00032	0,000212	0,000546	0,000735	0,000661	0	0	0	0	0,000106	0,000169	0,014596
3,38Е-05	0,000271	9,47Е-05	0,000438	2,26Е-06	0	4,74Е-05	0	1,8Е-05	4,51Е-05	0	0	0	0	0	0	0	0,002104
0	0	4,51Е-06	0	0,000268	0	0	0	0,000108	4,51Е-06	0	0	0	1,8Е-05	0	0	0	0,000363
0	0,000248	2,26Е-06	2,03Е-05	0,000293	0	0	6,77Е-06	4,51Е-06	2,26Е-06	0	1,58Е-05	0,00035	0,000104	2,26Е-06	0	0,000176	0,001728
0,000147	0,000866	0,003561	0,003656	9,02Е-06	0,00023	0,001653	0,000631	0,00081	0,000898	6,54Е-05	0	0	0	2,26Е-06	0,000268	0,000871	0,019463
2,71Е-05	0,000171	0,000392	0,000354	0	1,58Е-05	4,51Е-06	1,8Е-05	0,000167	2,93Е-05	0	0	0	0	0	0	3,38Е-05	0,006793
0	0,001804	0,000401	0,000794	0,001653	0	0,000313	6,31Е-05	0	2,26Е-06	0	0	0	4,51Е-06	2,26Е-05	2,26Е-06	0	0,005641
1,8Е-05	0	0,001689	6,99Е-05	0,001202	4,51Е-06	6,31Е-05	0	8,57Е-05	4,51Е-06	0	0	0,000848	0,004222	0,000135	0,002641	0,001563	0,008047
0,000214	2,93Е-05	0,000158	4,51Е-06	0,001723	4,51Е-06	0	0	4,29Е-05	2,26Е-06	0	0	0,000929	8,12Е-05	0,00012	0	0,000329	0,0077
2,26Е-06	7,44Е-05	0,000796	0,000674	0,002794	6,77Е-05	2,03Е-05	0,000237	0,000169	2,26Е-05	0,000194	9,02Е-06	0,003076	0,000963	9,02Е-06	0,000151	0,001256	0,005047
0,001134	0,005677	0,005474	0,00671	0,000171	0,000192	0,000647	8,12Е-05	0,001797	0,000828	0,000325	0	0	0	7,22Е-05	0,000138	0,000803	0,02178
0,000117	0,005424	3,16Е-05	7,67Е-05	0,000706	0	0	4,51Е-06	2,26Е-05	2,26Е-06	0	0	0,000365	9,47Е-05	1,8Е-05	0	0,000264	0,000174
5,41Е-05	0,000115	0,000275	0,000706	0,002521	2,71Е-05	0,00012	2,93Е-05	8,8Е-05	9,25Е-05	3,16Е-05	0	0,001592	0,000636	4,51Е-05	7,44Е-05	0,000825	0,001132
0,001628	0,000205	0,00094	0,009152	0,000553	2,03Е-05	0,000196	5,41Е-05	0,000239	7,44Е-05	0	3,83Е-05	0,000334	0,002853	4,96Е-05	0,000115	0,000455	0,004129
0,000194	0,002447	0,001207	0,000124	0,001333	2,48Е-05	1,58Е-05	1,58Е-05	8,8Е-05	1,35Е-05	6,77Е-06	0,001545	0,005544	2,03Е-05	4,51Е-05	0,000586	0,005735	
0,000537	0,000512	0,001441	0,001743	2,03Е-05	1,35Е-05	0,000377	2,26Е-06	0,000909	0,000413	0,000226	0	0	0	4,06Е-05	0,000877	4,51Е-05	0,006191
2,26Е-06	0,000135	2,26Е-06	7,67Е-05	0,000135	2,93Е-05	0	0	4,51Е-06	0	0	1,35Е-05	0	0	1,8Е-05	2,26Е-06	0	0,000111
4,51Е-06	0,000147	3,16Е-05	2,26Е-06	0,000135	0	0	0	0	1,13Е-05	0	0	0	4,51Е-06	1,8Е-05	0	0	0,003067
0	2,26Е-06	0	0	0,000108	0	0	2,48Е-05	0	0	0	0	0,00012	0	0	0	0	0,000192
2,26Е-06	2,71Е-05	0	0,00346	0,000564	0	0	0	0	0,000185	0	0	0	0,000189	0	0	0	5,86Е-05
1,35Е-05	4,51Е-06	0	0,000171	0,00018	0	0	2,26Е-06	2,26Е-06	0	0	0	0	0,000661	0	2,26Е-06	0	7,44Е-05
0	2,26Е-06	0	0	0,000111	0	0	0	0	0	0	0	0	5,41Е-05	0	0	0	4,51Е-06
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,41Е-05	0
0,000135	0,000196	0,000514	0,000778	4,51Е-06	0	0,000751	4,51Е-06	0,000124	0,000485	9,02Е-06	0	0	0	0	0	3,16Е-05	0,004955
0	0	0,000882	0,00014	0	5,41Е-05	2,26Е-06	0,000138	0,000262	0,000695	4,51Е-06	0	0	0	0	0,000401	0,000174	0,009569
6,77Е-06	8,57Е-05	1,8Е-05	0,002954	0	1,35Е-05	9,02Е-06	0	0	6,09Е-05	0	0	0	0	4,51Е-06	0	2,26Е-06	2,03Е-05
9,02Е-05	2,26Е-05	0,000162	0,000562	0	0	9,02Е-06	4,51Е-06	0,00023	1,35Е-05	0,000433	0	0	0	0	6,77Е-05	2,26Е-06	0,002253
1,35Е-05	5,64Е-05	0,000399	0,001295	0	0	0,000151	4,06Е-05	7,67Е-05	2,03Е-05	0,000271	0	0	0	0	0,000104	8,34Е-05	0,009429
0,016367	0,003972	0,015345	0,0085	0,004432	0,000796	0,001879	0,000257	0,005068	0,001085	9,92Е-05	0	0	0	0,004195	8,34Е-05	0,001664	0

## Частота не пересічних біграм(без пробілів)

	а	б	в	г	д	е	ё	ж	з	и	й	к	л	м	н	о	п
а	0,000368	0,002051	0,00432	0,001223	0,003373	0,00184	4,6Е-05	0,001504	0,000548	0,001242	0,001147	0,006382	0,011954	0,003749	0,005962	0,00171	0,003016
б	0,001066	3,25Е-05	2,16Е-05	2,71Е-06	2,98Е-05	0,002021	0,00017	1,35Е-05	2,71Е-06	0,001485	0	0,000211	0,000922	3,79Е-05	0,00043	0,002705	1,62Е-05
в	0,000529	0,000289	0,000395	0,000314	0,000617	0,005608	0,000157	4,87Е-05	0,000768	0,003568	2,71Е-06	0,00102	0,000809	0,000473	0,001604	0,006544	0,000931
г	0,001225	0,000103	5,41Е-05	4,33Е-05	0,001555	0,000344	0	2,71Е-06	4,6Е-05	0,000698	0	0,000165	0,001639	2,16Е-05	0,000519	0,007745	0,0001
д	0,004964	0,000103	0,001234	5,95Е-05	0,000103	0,006049	0,000354	0,001188	4,06Е-05	0,0003135	0	0,000555	0,000768	8,93Е-05	0,00231	0,004439	0,0003
е	0,000276	0,002226	0,002792	0,003595	0,003703	0,00105	0,00089	0,000906	0,002145	0,000925	0,002648	0,002032	0,006114	0,004512	0,008619	0,001455	0,002546
ё	8,12Е-06	0,0002	0,000225	0,00016	0,000254	0,000149	0	9,74Е-05	0,000179	0,0001	1,89Е-05	0,000138	0,000519	0,000563	0,000655	0,000246	0,000241
ж	0,00135	5,95Е-05	3,52Е-05	1,62Е-05	0,000766	0,003722	0,0001	2,71Е-05	2,71Е-06	0,001499	0	0,000154	1,08Е-05	3,25Е-05	0,001396	0,000565	2,16Е-05
з	0,007583	0,000168	0,001131	0,000376	0,001177	0,000295	1,35Е-05	0,000135	0,000214	0,000611	0	0,000327	0,000289	0,000514	0,002048	0,000879	0,000254
и	0,000444	0,001469	0,004033	0,001653	0,003179	0,002643	1,35Е-05	0,000425	0,002854	0,002005	0,000939	0,004318	0,006576	0,004455	0,006639	0,002105	0,002418
й	0,000116	0,000365	0,001115	0,00023	0,000595	0,000146	2,71Е-06	0,000127	0,000257	0,000487	0	0,000676	0,000346	0,000606	0,000968	0,000552	0,001082
к	0,009252	0,000246	0,000533	0,000143	0,00036	0,001006	2,71Е-06	0,000151	0,00017	0,0003996	0	0,000319	0,000977	0,000246	0,001115	0,009755	0,000668
л	0,007905	0,000352	0,000776	0,000482	0,000473	0,005021	0,000408	0,000522	0,000287	0,009246	5,41Е-06	0,000985	0,001123	0,000395	0,001263	0,006942	0,000684
м	0,00382	0,000468	0,000752	0,000246	0,000463	0,003739	6,49Е-05	8,39Е-05	0,000257	0,003993	5,41Е-06	0,000687	0,000295	0,000414	0,002391	0,005386	0,001288
н	0,012604	0,0004	0,000557	0,000303	0,001093	0,00999	0,000241	5,95Е-05	0,000287	0,009547	0	0,000628	6,49Е-05	0,000173	0,00296	0,012035	0,000863
о	0,000219	0,005408	0,00972	0,005868	0,006493	0,002389	0,000141	0,002754	0,002134	0,001886	0,003944	0,00379	0,007951	0,00715	0,013053	0,00227	0,003866
п	0,002026	5,41Е-06	2,43Е-05	2,71Е-06	1,35Е-05	0,002137	3,79Е-05	0	8,12Е-06	0,00096	0	0,000135	0,001017	1,08Е-05	0,000138	0,01193	0,000122
р	0,007577	0,000222	0,000419	0,000265	0,000625	0,0063	0,000241	0,000303	6,49Е-05	0,005803	0	0,000414	0,000157	0,000362	0,001253	0,008062	0,000187
с	0,001537	0,000803	0,001501	0,00013	0,000668	0,002648	0,000939	7,3Е-05	0,000119	0,003198	0	0,004477	0,003568	0,001515	0,001918	0,003308	0,002316
т	0,007112	0,000406	0,002454	0,000111	0,000454	0,006552	0,000119	7,03Е-05	0,000151	0,005408	0	0,001234	0,000392	0,000368	0,001842	0,017846	0,000776
у	0,000225	0,000993	0,001569	0,001001	0,002237	0,0003	0	0,001555	0,000684	0,000795	0,000133	0,001501	0,002513	0,002045	0,001374	0,000468	0,001234
ф	0,000265	1,35Е-05	8,12Е-06	8,12Е-06	6,76Е-05	0,00017	2,71Е-06	0	2,71Е-06	0,000495	0	5,41Е-06	0,000111	1,08Е-05	2,71Е-06	0,000419	1,35Е-05
х	0,000904	0,000157	0,000457	7,3Е-05	0,000249	0,000528	0	3,25Е-05	9,2Е-05	0,000471	0	0,000292	0,00023	0,000289	0,000636	0,002751	0,000365
ц	0,000517	2,71Е-06	6,49Е-05	5,41Е-06	1,08Е-05	0,000836	0	1,35Е-05	0,000717	0	2,71Е-05	1,35Е-05	8,12Е-06	1,62Е-05	0,000187	1,62Е-05	
ч	0,002088	2,71Е-06	2,71Е-06	0	5,41Е-06	0,002865	0,000344	0	0	0,001996	0	0,000649	2,43Е-05	1,35Е-05	0,00092	0,000119	1,08Е-05
ш	0,001296	0	4,6Е-05	1,08Е-05	1,08Е-05	0,001926	0,000406	2,71Е-06	2,71Е-06	0,001342	0	0,000533	0,000522	2,43Е-05	0,000206	0,000341	2,71Е-05
щ	0,000408	0	0	0	0	0,000763	0,000768	0	0	0,00106	0	0	0	2,71Е-06	7,03Е-05	5,41Е-06	0
ъ	0	0	0	0	0	0,000114	1,35Е-05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ы	0,000106	0,000671	0,001455	0,000392	0,000441	0,001347	2,71Е-06	8,66Е-05	0,000322	0,0004	0,00152	0,000446	0,003744	0,001542	0,000728	0,000476	0,000782
ь	0,000162	0,000371	0,001144	0,000319	0,000628	0,000706	7,03Е-05	6,22Е-05	0,000538	0,000747	0	0,002037	0,000311	0,000817	0,002678	0,000852	0,001012
э	1,35Е-05	2,71Е-06	0,000119	5,41Е-06	0,000127	2,71Е-06	0	0	0	0	0,000755	0,000243	0,000246	6,76Е-05	0,00033	2,71Е-06	8,12Е-06
ю	2,71Е-05	0,000273	0,000168	6,49Е-05	0,000647	3,25Е-05	2,71Е-06	0,000122	6,49Е-05	0,000162	3,79Е-05	0,002359	0,000119	0,00016	0,000208	0,000238	0,000319
я	0,0001	0,000446	0,000149	0,000284	0,001282	0,000298	2,71Е-06	0,000203	0,000703	0,000703	8,66Е-05	0,000798	0,001469	0,000752	0,00184	0,000795	0,001131

р	с	т	у	ф	х	ц	ч	ш	щ	ъ	ы	ь	э	ю	я
0,003051	0,00607	0,006595	0,001136	0,000246	0,001399	0,000298	0,001504	0,000847	0,000344	0	0	0	0,000652	0,001374	0,00181
0,00132	0,00016	1,62E-05	0,001496	0	6,76E-05	2,71E-06	8,12E-06	5,41E-06	0,00016	8,66E-05	0,005465	2,71E-05	0,000151	8,12E-06	0,000522
0,000895	0,003108	0,000676	0,000793	2,98E-05	7,3E-05	4,33E-05	0,000143	0,000452	1,35E-05	8,12E-06	0,002849	0,000143	0,000346	1,89E-05	0,000317
0,001204	0,00059	7,3E-05	0,00072	1,62E-05	5,41E-06	0	7,57E-05	2,16E-05	0	0	0	0	8,12E-06	0	8,12E-06
0,001066	0,000441	0,000308	0,002194	5,41E-06	3,52E-05	0,000257	4,6E-05	6,22E-05	0	3,52E-05	0,000536	0,000381	0,000111	0,000189	0,00039
0,007959	0,006476	0,006641	0,00056	0,000284	0,000714	0,00033	0,001198	0,001031	0,000744	0	0	0	0,00033	0,000122	0,000384
0,000511	0,000303	0,000625	7,03E-05	8,12E-06	9,47E-05	2,71E-06	0,000114	5,41E-05	1,08E-05	0	0	0	5,68E-05	0	1,89E-05
8,12E-06	4,33E-05	2,43E-05	0,000295	2,71E-06	8,12E-06	2,71E-06	0,000187	2,71E-06	0	0	0	1,35E-05	1,62E-05	0	8,12E-06
0,000373	0,0002	8,12E-05	0,000381	1,35E-05	1,62E-05	8,12E-06	5,14E-05	2,16E-05	0	1,62E-05	0,00043	0,000146	4,06E-05	0	0,000233
0,001491	0,006246	0,005516	0,000757	0,000436	0,002286	0,000841	0,001447	0,001271	0,000116	0	0	0	0,000452	0,000295	0,001396
0,000446	0,00125	0,00086	0,000227	0,000103	6,76E-05	4,87E-05	0,000414	0,0001	5,41E-06	0	0	0	0,000124	0	0,000133
0,002378	0,001125	0,001396	0,002221	2,98E-05	0,00049	7,3E-05	0,00017	6,22E-05	2,71E-06	0	0	8,12E-06	0,000187	2,71E-06	0,000106
0,000254	0,002924	0,000574	0,001872	6,49E-05	0,000219	1,08E-05	0,00066	7,57E-05	5,41E-06	0	0,000985	0,005026	0,0005	0,003135	0,001867
0,000227	0,001098	0,000465	0,002381	2,43E-05	0,000106	2,71E-05	0,000368	8,12E-05	2,71E-06	0	0,001125	5,68E-05	0,000317	0	0,000571
0,000243	0,001461	0,000952	0,003712	8,12E-05	0,000119	0,000306	0,000284	3,25E-05	0,000206	1,35E-05	0,003593	0,001212	7,03E-05	0,000168	0,001436
0,007204	0,008941	0,009603	0,000871	0,000265	0,001004	0,000157	0,0003062	0,001174	0,000436	0	0	0	0,000787	0,000184	0,001342
0,006779	6,49E-05	0,000111	0,000839	0	0	8,12E-06	2,43E-05	8,12E-06	0	0	0,000446	0,000127	2,16E-05	0	0,000341
0,000146	0,000514	0,000876	0,002989	7,3E-05	0,000195	2,98E-05	9,47E-05	0,00016	5,14E-05	0	0,001902	0,000766	0,000122	0,000108	0,000985
0,000365	0,001907	0,011243	0,000795	4,6E-05	0,000311	7,57E-05	0,000365	0,000106	0	5,68E-05	0,000403	0,003281	0,000211	0,000127	0,00465
0,003268	0,002015	0,000452	0,001683	8,39E-05	8,93E-05	2,98E-05	0,000411	6,76E-05	8,12E-06	8,12E-06	0,00184	0,006449	0,000225	5,14E-05	0,000779
0,000714	0,00228	0,002443	0,000179	5,68E-05	0,000492	1,08E-05	0,00168	0,000522	0,000265	0	0	0	0,000208	0,001063	0,00013
0,000154	2,71E-06	6,76E-05	0,000143	4,33E-05	0	0	0	0	0	0	1,08E-05	0	1,89E-05	2,71E-06	0
0,000298	0,000306	0,00017	0,000295	4,6E-05	1,62E-05	8,12E-06	6,49E-05	5,68E-05	5,41E-06	0	0	2,71E-06	6,22E-05	2,71E-06	2,16E-05
5,41E-06	1,35E-05	1,08E-05	0,000103	0	5,41E-06	2,98E-05	2,71E-06	0	0	0	0,000135	0	8,12E-06	0	2,71E-06
1,35E-05	1,35E-05	0,004372	0,000625	0	0	0	5,41E-06	0,000233	0	0	0	0,000222	0	0	0
1,08E-05	5,41E-06	0,000206	0,000208	2,71E-06	0	5,41E-06	5,41E-06	0	0	0	0	0,000741	0	2,71E-06	2,71E-06
2,71E-06	0	0	0,000141	0	0	0	0	0	0	0	0	6,22E-05	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,12E-05
0,00039	0,001201	0,001285	0,000206	2,43E-05	0,000933	2,71E-05	0,000254	0,000552	8,12E-06	0	0	0	0,000111	2,71E-06	6,22E-05
0,000211	0,002067	0,000779	0,000268	0,000116	0,000135	0,000157	0,000828	0,000936	8,12E-06	0	0	0	0,000357	0,000482	0,000368
7,57E-05	3,25E-05	0,003525	0	1,62E-05	1,35E-05	0	0	7,57E-05	0	0	0	0	1,62E-05	0	5,41E-06
0,000119	0,000446	0,000847	3,79E-05	1,89E-05	2,71E-05	5,41E-06	0,000414	2,98E-05	0,000555	0	0	0	5,41E-05	8,12E-05	5,41E-05
0,000325	0,001447	0,002159	0,000276	5,14E-05	0,000298	7,57E-05	0,000376	0,000114	0,000365	0	0	0	0,000235	0,000141	0,000184

Для кожного випадку обрахували ентропію. Для обрахування  $H_1$  використали наступну формулу:

$$H_1 = - \sum_{i=1}^n p(i) \log_2 p(i)$$

Для обрахування  $H_2$  використали наступну формулу:

$$H_2 = - \frac{1}{2} \sum_{i,j} p(i, j) \log_2 p(i, j)$$

Функція для обчислення ентропії

```
# рахуємо ентропію
def entropy(freq):
    temp = []
    for i in freq.values():
        temp.append(i * log(i, 2))

    H = -sum(temp)
    return H
```

Таблиця з отриманими значеннями ентропії:

	З пробілами	Без пробілів
$H_1$	4.40054	4.49969
$H_2$ (з перетином)	3.99677	4.18234
$H_2$ (без перетину)	3.99643	4.18228

Також обрахували надлишковість в російській мові для кожного випадку. Для цього використали наступну формулу:



### Функція для обчислення надлишковості

Таблиця з оцінками надлишковості російської мови:

За допомогою програми CoolPinkProgram оцінили значення для  $H(10)$ ,  $H(20)$ ,  $H(30)$

Лабораторная работа №1

[illegible]

## Лабораторная работа №1

[illegible]

Лабораторная работа №1

Произвольная часть текста:	
<b>и_слово_вымолвить_как_он_стан</b>	
Использованные буквы:	
Порядок n-граммы:	Введенный символ:
5 символов	
10 символов	Символ по счету:
15 символов	
20 символов	Номер эксперимента: <b>52</b>
<b>25 символов</b>	
35 символов	Поле ввода символов:
40 символов	
45 символов	Продолжить Другой
50 символов	
Неравенство для энтропии:	
<b>1,93301839021778 &lt; H &lt; 2,60855431703</b>	
Двоичная таблица угаданных символов:	
000010000000000000000000000000000000 000000000000000000000000000000000000 100000000000000000000000000000000000 100000000000000000000000000000000000 010000000000000000000000000000000000 000000000000000000000000000000000000	
Вероятности:	
q [ 1 ] = 0,5490196	
q [ 2 ] = 0,1372549	
q [ 3 ] = 0,0196078	
q [ 4 ] = 0	
q [ 5 ] = 0,0196078	
q [ 6 ] = 0	
q [ 7 ] = 0	
q [ 8 ] = 0	
q [ 9 ] = 0,0196078	
q [ 10 ] = 0	
q [ 11 ] = 0,019607	
q [ 12 ] = 0,019607	
q [ 13 ] = 0,019607	
q [ 14 ] = 0,019607	
q [ 15 ] = 0	
q [ 16 ] = 0	
q [ 17 ] = 0	
q [ 18 ] = 0	
q [ 19 ] = 0,019607	
q [ 20 ] = 0,019607	
q [ 21 ] = 0,019607	
q [ 22 ] = 0	
q [ 23 ] = 0,019607	
q [ 24 ] = 0,039215	
q [ 25 ] = 0,019607	
q [ 26 ] = 0,019607	
q [ 27 ] = 0	
q [ 28 ] = 0	
q [ 29 ] = 0	
q [ 30 ] = 0,019607	
q [ 31 ] = 0	
q [ 32 ] = 0	
Строка состояния:	

Зведемо данні в таблицю

	ентропія
$H(10)$	$2.547 < H^{(10)} < 3.117$
$H(20)$	$1.953 < H^{(10)} < 2.704$
$H(30)$	$1.933 < H^{(10)} < 2.608$

**Висновки:** За результатами цього практикуму ми отримали теоретичні знання про такі поняття як ентропія та надлишковість джерела відкритого тексту (мови), також отримали досвід з обрахування цих значень. Експериментальним шляхом прослідкували залежність ентропії від кількості букв за допомогою програми CoolPinkProgram.exe