Міністерство освіти і науки

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Фізико-технічний інститут

Протокол

Лабораторна робота №1

З дисципліни «Криптографія»

Виконали:

Студенти групи ФБ-95

Філюк Владислав

Яковенко Ірина

Перевірила:

Селюх П.В.

Київ – 2021

**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.

**Завдання:**

0. Уважно прочитати методичні вказівки до виконання комп’ютерного практикуму.

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

Був використаний твір «Анна Кареніна». Нижче наведені підраховані програмою частоти для н-грам. (н = 1,2), відсортовані за спаданням частоти:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Монограми | | | | Монограми з пробілами | | | |
| 'о' 0.11014  'а' 0.08481  'н' 0.06961  'е' 0.06831  'ь' 0.0606  'т' 0.06039  'и' 0.05931  'с' 0.05264  'л' 0.04615 | 'в' 0.04443  'р' 0.04052  'к' 0.03376  'д' 0.02813  'м' 0.0279  'у' 0.02641  'п' 0.0235  'я' 0.02112  'ч' 0.01827 | 'г' 0.01771  'ы' 0.01759  'з' 0.01734  'б' 0.01686  'й' 0.01152  'ж' 0.01062  'х' 0.0079  'ш' 0.00788  'ю' 0.00581 | 'э' 0.00349  'щ' 0.00321  'ц' 0.00294  'ф' 0.00113 | ' ' 0.16697  'о' 0.09175  'а' 0.07065  'н' 0.05799  'е' 0.0569  'ь' 0.05048  'т' 0.05031  'и' 0.04941  'с' 0.04385 | 'л' 0.03845  'в' 0.03701  'р' 0.03375  'к' 0.02812  'д' 0.02343  'м' 0.02324  'у' 0.022  'п' 0.01958  'я' 0.01759 | 'ч' 0.01522  'г' 0.01476  'ы' 0.01465  'з' 0.01445  'б' 0.01404  'й' 0.0096  'ж' 0.00884  'х' 0.00658  'ш' 0.00656 | 'ю' 0.00484  'э' 0.00291  'щ' 0.00267  'ц' 0.00245  'ф' 0.00095 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Біграми з перетином і пробілами** | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  | **а** | **б** | **в** | **г** | **д** | **е** | **ж** | **з** | **и** | **й** | **к** | **л** | **м** | **н** | **о** |
|  | 0,00715 | 0,0033 | 0,00635 | 0,01394 | 0,00339 | 0,0068 | 0,00458 | 0,00252 | 0,00466 | 0,01085 | 0,00005 | 0,00861 | 0,00324 | 0,00527 | 0,01556 | 0,01272 |
| **а** | 0,01832 | 0,00002 | 0,00074 | 0,00305 | 0,00184 | 0,00179 | 0,0013 | 0,00091 | 0,00365 | 0,00019 | 0,00047 | 0,00388 | 0,00842 | 0,00226 | 0,00537 | 0,00004 |
| **б** | 0,00045 | 0,00082 | 0 | 0,0001 | 0,00005 | 0,00022 | 0,00106 | 0,0001 | 0,00002 | 0,00083 | 0 | 0,00018 | 0,00081 | 0,00005 | 0,00024 | 0,00191 |
| **в** | 0,00183 | 0,00515 | 0,00001 | 0,00002 | 0,00002 | 0,00031 | 0,0025 | 0,00004 | 0,0004 | 0,0035 | 0,00004 | 0,00046 | 0,0009 | 0,00014 | 0,00118 | 0,00631 |
| **г** | 0,0002 | 0,00089 | 0 | 0,00001 | 0 | 0,00107 | 0,0002 | 0,00001 | 0 | 0,00072 | 0,00006 | 0,00009 | 0,00138 | 0 | 0,00015 | 0,00797 |
| **д** | 0,00048 | 0,00445 | 0,00001 | 0,00071 | 0 | 0,00003 | 0,00205 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00172 | 0,0001 | 0,00022 | 0,00206 | 0,00008 | 0,00148 | 0,00325 |
| **е** | 0,01327 | 0,00006 | 0,00114 | 0,00214 | 0,00315 | 0,00175 | 0,0011 | 0,00049 | 0,00088 | 0,00016 | 0,00218 | 0,00186 | 0,00318 | 0,00295 | 0,00675 | 0,00023 |
| **ж** | 0,00004 | 0,00127 | 0,00005 | 0 | 0,00001 | 0,00069 | 0,00391 | 0 | 0 | 0,00136 | 0,00001 | 0,00009 | 0 | 0 | 0,00081 | 0,00002 |
| **з** | 0,00022 | 0,00609 | 0,00014 | 0,00077 | 0,00042 | 0,00081 | 0,00017 | 0,00015 | 0,00002 | 0,00032 | 0 | 0,00009 | 0,0002 | 0,00026 | 0,0018 | 0,00042 |
| **и** | 0,01718 | 0,0002 | 0,00033 | 0,00229 | 0,00043 | 0,00137 | 0,00044 | 0,00032 | 0,00201 | 0,00028 | 0,00031 | 0,00138 | 0,00388 | 0,00256 | 0,0038 | 0,00007 |
| **й** | 0,00799 | 0,00001 | 0 | 0,00002 | 0 | 0,00017 | 0 | 0 | 0,00007 | 0,00001 | 0 | 0,00009 | 0,00008 | 0,00003 | 0,00026 | 0,00002 |
| **к** | 0,00107 | 0,00674 | 0 | 0,00021 | 0 | 0 | 0,00037 | 0,00012 | 0,00002 | 0,00208 | 0,00033 | 0 | 0,00026 | 0,00002 | 0,00123 | 0,00785 |
| **л** | 0,00076 | 0,00737 | 0,00002 | 0,00003 | 0,00011 | 0,00026 | 0,00387 | 0,00032 | 0,00006 | 0,00488 | 0,00004 | 0,00028 | 0,00022 | 0 | 0,00037 | 0,00521 |
| **м** | 0,00168 | 0,00258 | 0,00001 | 0,00002 | 0,00002 | 0 | 0,00153 | 0 | 0,00001 | 0,00254 | 0 | 0,00004 | 0,0002 | 0,00005 | 0,00124 | 0,00284 |
| **н** | 0,00142 | 0,01148 | 0,00003 | 0,00006 | 0,00011 | 0,00057 | 0,00898 | 0,00005 | 0,00003 | 0,00549 | 0,00016 | 0,00025 | 0,00005 | 0,00001 | 0,00335 | 0,00927 |
| **о** | 0,02264 | 0,00001 | 0,00324 | 0,00667 | 0,00353 | 0,0039 | 0,00213 | 0,00173 | 0,00106 | 0,00069 | 0,00398 | 0,00148 | 0,00525 | 0,00494 | 0,00791 | 0,00022 |
| **п** | 0,00005 | 0,00092 | 0 | 0,00002 | 0 | 0 | 0,00209 | 0 | 0 | 0,00163 | 0 | 0,00007 | 0,00044 | 0 | 0,00006 | 0,00753 |
| **р** | 0,00035 | 0,00675 | 0,00031 | 0,00042 | 0,00037 | 0,00061 | 0,00436 | 0,00025 | 0,00012 | 0,00361 | 0,00001 | 0,00117 | 0,00018 | 0,00011 | 0,00078 | 0,00651 |
| **с** | 0,00084 | 0,00203 | 0,00005 | 0,0017 | 0,00001 | 0,00042 | 0,00295 | 0,00002 | 0,00001 | 0,00126 | 0,00029 | 0,00429 | 0,00251 | 0,00096 | 0,00085 | 0,00222 |
| **т** | 0,00145 | 0,00528 | 0,00001 | 0,00247 | 0,00001 | 0,00018 | 0,00422 | 0,00001 | 0,00002 | 0,00331 | 0,00001 | 0,00047 | 0,00052 | 0,00023 | 0,00115 | 0,01433 |
| **у** | 0,00566 | 0,00006 | 0,00045 | 0,00099 | 0,00091 | 0,00154 | 0,00019 | 0,00157 | 0,00035 | 0,00001 | 0,00009 | 0,00108 | 0,00089 | 0,00115 | 0,0002 | 0,00001 |
| **ф** | 0,00006 | 0,00009 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00014 | 0 | 0 | 0,00032 | 0 | 0 | 0,00001 | 0 | 0 | 0,00007 |
| **х** | 0,00098 | 0,00087 | 0 | 0,00009 | 0 | 0 | 0,00001 | 0 | 0 | 0,00009 | 0 | 0 | 0,00008 | 0,00003 | 0,00009 | 0,00197 |
| **ц** | 0,0002 | 0,00044 | 0 | 0,00004 | 0 | 0 | 0,00054 | 0 | 0 | 0,00021 | 0 | 0,00013 | 0,00012 | 0 | 0,00002 | 0,00029 |
| **ч** | 0,00131 | 0,00252 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00355 | 0 | 0 | 0,0011 | 0,00001 | 0,00025 | 0,00002 | 0,00024 | 0,00043 | 0,00003 |
| **ш** | 0,00004 | 0,00082 | 0 | 0,00003 | 0 | 0 | 0,0022 | 0 | 0 | 0,00107 | 0,00014 | 0,00037 | 0,00048 | 0 | 0,0003 | 0,00029 |
| **щ** | 0 | 0,0004 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00128 | 0 | 0 | 0,00074 | 0,00008 | 0 | 0 | 0 | 0,00003 | 0 |
| **ы** | 0,00389 | 0 | 0,00031 | 0,00088 | 0,00006 | 0,00018 | 0,00056 | 0,00002 | 0,00011 | 0,00001 | 0,00114 | 0,00015 | 0,00228 | 0,00119 | 0,00057 | 0,00001 |
| **ь** | 0,04366 | 0,00004 | 0,00012 | 0,00007 | 0,00006 | 0,00003 | 0,00047 | 0 | 0,00053 | 0,00039 | 0 | 0,00095 | 0,00002 | 0,00032 | 0,0013 | 0,00009 |
| **э** | 0 | 0 | 0 | 0,00001 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00004 | 0,00004 | 0,00001 | 0,00003 | 0 |
| **ю** | 0,00259 | 0 | 0,0007 | 0,00001 | 0 | 0,0003 | 0 | 0,00001 | 0,00003 | 0,00001 | 0 | 0,00001 | 0,00002 | 0,00002 | 0,00004 | 0 |
| **я** | 0,01117 | 0,00001 | 0,00003 | 0,00026 | 0,00025 | 0,00044 | 0,00015 | 0,00017 | 0,0004 | 0,00003 | 0,0001 | 0,00013 | 0,00072 | 0,00033 | 0,00063 | 0,00002 |
|  | **п** | **р** | **с** | **т** | **у** | **ф** | **х** | **ц** | **ч** | **ш** | **щ** | **ы** | **ь** | **э** | **ю** | **я** |
|  | 0,01336 | 0,00427 | 0,01517 | 0,00779 | 0,00394 | 0,00041 | 0,00145 | 0,00024 | 0,00596 | 0,00051 | 0,00012 | 0 | 0 | 0,00282 | 0,00008 | 0,00184 |
| **а** | 0,0008 | 0,00226 | 0,00326 | 0,00408 | 0,00005 | 0,00025 | 0,00093 | 0,00015 | 0,00263 | 0,00079 | 0,0002 | 0 | 0 | 0 | 0,00083 | 0,00216 |
| **б** | 0 | 0,00113 | 0,00007 | 0 | 0,00097 | 0 | 0,00007 | 0 | 0,00001 | 0,00001 | 0,0003 | 0,00381 | 0,00033 | 0 | 0,00001 | 0,00047 |
| **в** | 0,00016 | 0,00123 | 0,00337 | 0,00065 | 0,00068 | 0 | 0,00006 | 0,00004 | 0,0002 | 0,00077 | 0,00002 | 0,00221 | 0,00445 | 0 | 0,00001 | 0,00034 |
| **г** | 0 | 0,00078 | 0,00003 | 0,00001 | 0,00054 | 0 | 0 | 0 | 0,00004 | 0,00001 | 0 | 0 | 0,00055 | 0 | 0,00001 | 0,00003 |
| **д** | 0,00006 | 0,00137 | 0,00036 | 0,00045 | 0,00172 | 0 | 0,00005 | 0,00011 | 0,00005 | 0,00012 | 0 | 0,00058 | 0,00146 | 0 | 0,00003 | 0,00042 |
| **е** | 0,00105 | 0,00554 | 0,00302 | 0,0035 | 0,00008 | 0 | 0,00013 | 0,00024 | 0,00056 | 0,00032 | 0,00042 | 0 | 0 | 0 | 0,00014 | 0,00061 |
| **ж** | 0 | 0 | 0,00003 | 0 | 0,00026 | 0 | 0 | 0 | 0,00001 | 0 | 0 | 0 | 0,00027 | 0 | 0 | 0,00001 |
| **з** | 0,00004 | 0,00015 | 0,00027 | 0,00002 | 0,00023 | 0 | 0 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00001 | 0 | 0,00036 | 0,00101 | 0 | 0,00001 | 0,00043 |
| **и** | 0,00015 | 0,00049 | 0,00325 | 0,00362 | 0,00001 | 0,00001 | 0,0014 | 0,00076 | 0,00175 | 0,00048 | 0,00013 | 0 | 0 | 0 | 0,00008 | 0,00042 |
| **й** | 0,00001 | 0,00001 | 0,00045 | 0,00018 | 0,00001 | 0 | 0 | 0,00003 | 0,00007 | 0,00009 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **к** | 0 | 0,00133 | 0,00121 | 0,00043 | 0,00113 | 0 | 0 | 0,00009 | 0 | 0,00001 | 0 | 0 | 0,00355 | 0 | 0 | 0,00007 |
| **л** | 0,00006 | 0 | 0,00132 | 0,00012 | 0,00094 | 0 | 0 | 0 | 0,00009 | 0,00001 | 0 | 0,00068 | 0,00861 | 0 | 0,00115 | 0,00169 |
| **м** | 0,00005 | 0,00015 | 0,00036 | 0,00014 | 0,00253 | 0 | 0,00002 | 0,00001 | 0,00008 | 0,00013 | 0,00003 | 0,00085 | 0,00566 | 0 | 0,00004 | 0,00043 |
| **н** | 0 | 0,00009 | 0,00105 | 0,00086 | 0,0027 | 0,00001 | 0 | 0,00043 | 0,0004 | 0,00004 | 0,00024 | 0,00298 | 0,00539 | 0 | 0,00023 | 0,00226 |
| **о** | 0,00135 | 0,00532 | 0,00553 | 0,00591 | 0,00006 | 0,00015 | 0,00033 | 0,00011 | 0,00141 | 0,00114 | 0,00019 | 0 | 0 | 0,00004 | 0,00035 | 0,00048 |
| **п** | 0,00002 | 0,00568 | 0,00001 | 0,00003 | 0,00041 | 0 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00004 | 0 | 0,00023 | 0,00007 | 0 | 0,00001 | 0,00022 |
| **р** | 0,00006 | 0,00006 | 0,00025 | 0,00051 | 0,00257 | 0,00001 | 0,00023 | 0,00002 | 0,00021 | 0,00042 | 0,00003 | 0,0012 | 0,00113 | 0 | 0,00012 | 0,00103 |
| **с** | 0,00154 | 0,00015 | 0,00038 | 0,0115 | 0,00055 | 0,00001 | 0,00024 | 0,00004 | 0,00043 | 0,00006 | 0 | 0,00033 | 0,005 | 0 | 0,00019 | 0,00303 |
| **т** | 0,00005 | 0,00241 | 0,0012 | 0,00008 | 0,00116 | 0,00001 | 0,00009 | 0,00004 | 0,0002 | 0,00003 | 0,00002 | 0,00128 | 0,00947 | 0 | 0,00005 | 0,00056 |
| **у** | 0,00052 | 0,00071 | 0,00091 | 0,00159 | 0 | 0,00002 | 0,00033 | 0 | 0,00076 | 0,00069 | 0,00024 | 0 | 0 | 0,00002 | 0,00095 | 0,0001 |
| **ф** | 0 | 0,00014 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00003 | 0,00001 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00004 | 0 | 0 | 0 |
| **х** | 0 | 0,00011 | 0,00003 | 0 | 0,0001 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00212 | 0 | 0 | 0 |
| **ц** | 0,00001 | 0 | 0 | 0 | 0,00014 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00014 | 0,00015 | 0 | 0,00001 | 0,00002 |
| **ч** | 0 | 0,00002 | 0 | 0,00401 | 0,00082 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00011 | 0 | 0 | 0,00077 | 0 | 0 | 0,00001 |
| **ш** | 0,00001 | 0 | 0 | 0,00003 | 0,00029 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00044 | 0 | 0 | 0,00003 |
| **щ** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00008 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00003 | 0 | 0 | 0,00003 |
| **ы** | 0,00008 | 0,00022 | 0,00068 | 0,00062 | 0 | 0,00002 | 0,00089 | 0 | 0,00017 | 0,00031 | 0,00001 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00031 |
| **ь** | 0,00004 | 0,00002 | 0,00081 | 0,00008 | 0,00002 | 0 | 0,00003 | 0,00006 | 0,00005 | 0,00043 | 0,00001 | 0 | 0 | 0,00001 | 0,00041 | 0,00048 |
| **э** | 0,00008 | 0,00001 | 0 | 0,00267 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **ю** | 0,00001 | 0,00006 | 0,00013 | 0,00034 | 0 | 0 | 0,00001 | 0 | 0,00007 | 0,00002 | 0,00044 | 0 | 0 | 0 | 0,00003 | 0 |
| **я** | 0,00005 | 0,00005 | 0,00065 | 0,00106 | 0 | 0 | 0,00032 | 0,00006 | 0,00007 | 0,00001 | 0,00027 | 0 | 0 | 0 | 0,0001 | 0,00011 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Біграми без перетину з пробілами** | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  | **а** | **б** | **в** | **г** | **д** | **е** | **ж** | **з** | **и** | **й** | **к** | **л** | **м** | **н** | **о** |
|  | 0,00709 | 0,00328 | 0,00642 | 0,01396 | 0,00339 | 0,0068 | 0,00463 | 0,00251 | 0,0047 | 0,01088 | 0,00006 | 0,00849 | 0,00319 | 0,00532 | 0,01562 | 0,01267 |
| **а** | 0,01823 | 0,00002 | 0,00072 | 0,00297 | 0,00181 | 0,00175 | 0,00131 | 0,0009 | 0,00356 | 0,0002 | 0,00045 | 0,00391 | 0,00837 | 0,0023 | 0,00537 | 0,00004 |
| **б** | 0,00044 | 0,00082 | 0 | 0,0001 | 0,00005 | 0,0002 | 0,00105 | 0,0001 | 0,00002 | 0,00084 | 0 | 0,00018 | 0,00079 | 0,00004 | 0,00024 | 0,0019 |
| **в** | 0,00179 | 0,0052 | 0,00001 | 0,00003 | 0,00002 | 0,0003 | 0,00248 | 0,00004 | 0,00043 | 0,00354 | 0,00003 | 0,00045 | 0,00091 | 0,00012 | 0,0012 | 0,00635 |
| **г** | 0,00021 | 0,0009 | 0 | 0,00001 | 0 | 0,00108 | 0,0002 | 0,00001 | 0 | 0,0007 | 0,00006 | 0,0001 | 0,00135 | 0 | 0,00015 | 0,0081 |
| **д** | 0,00046 | 0,00448 | 0,00001 | 0,00072 | 0 | 0,00003 | 0,00201 | 0,00001 | 0 | 0,00168 | 0,00008 | 0,00023 | 0,00207 | 0,00007 | 0,00147 | 0,00325 |
| **е** | 0,01341 | 0,00006 | 0,00112 | 0,00208 | 0,00308 | 0,00182 | 0,00107 | 0,0005 | 0,00087 | 0,00015 | 0,00219 | 0,00183 | 0,00322 | 0,00305 | 0,00686 | 0,00023 |
| **ж** | 0,00004 | 0,00127 | 0,00004 | 0 | 0,00001 | 0,00068 | 0,004 | 0 | 0 | 0,00141 | 0,00001 | 0,00008 | 0 | 0 | 0,00081 | 0,00002 |
| **з** | 0,00023 | 0,00604 | 0,00013 | 0,00081 | 0,00043 | 0,00081 | 0,00017 | 0,00016 | 0,00002 | 0,00032 | 0 | 0,0001 | 0,00018 | 0,00027 | 0,00183 | 0,00043 |
| **и** | 0,01734 | 0,00023 | 0,00032 | 0,00225 | 0,00044 | 0,00138 | 0,00042 | 0,00032 | 0,00201 | 0,00027 | 0,00033 | 0,00133 | 0,00387 | 0,00255 | 0,00381 | 0,00007 |
| **й** | 0,00795 | 0,00001 | 0 | 0,00001 | 0 | 0,00018 | 0 | 0 | 0,00007 | 0,00001 | 0 | 0,0001 | 0,00008 | 0,00004 | 0,00023 | 0,00003 |
| **к** | 0,00109 | 0,00672 | 0 | 0,00021 | 0 | 0 | 0,00038 | 0,00011 | 0,00002 | 0,00204 | 0,00034 | 0 | 0,00027 | 0,00002 | 0,00125 | 0,00794 |
| **л** | 0,00076 | 0,00745 | 0,00002 | 0,00003 | 0,0001 | 0,00024 | 0,00389 | 0,00029 | 0,00006 | 0,00492 | 0,00003 | 0,00029 | 0,00022 | 0 | 0,00037 | 0,00526 |
| **м** | 0,00168 | 0,00258 | 0,00001 | 0,00002 | 0,00002 | 0 | 0,0015 | 0 | 0,00001 | 0,00258 | 0 | 0,00004 | 0,00018 | 0,00006 | 0,00122 | 0,00281 |
| **н** | 0,00139 | 0,01168 | 0,00002 | 0,00005 | 0,0001 | 0,00059 | 0,00886 | 0,00005 | 0,00003 | 0,00547 | 0,00017 | 0,00026 | 0,00005 | 0,00002 | 0,00335 | 0,00918 |
| **о** | 0,02266 | 0,00001 | 0,00326 | 0,0067 | 0,00346 | 0,00398 | 0,0021 | 0,00173 | 0,00103 | 0,00071 | 0,00396 | 0,00145 | 0,00523 | 0,00489 | 0,00785 | 0,00021 |
| **п** | 0,00005 | 0,00092 | 0,00001 | 0,00001 | 0 | 0 | 0,0021 | 0 | 0 | 0,00165 | 0 | 0,00007 | 0,00045 | 0 | 0,00005 | 0,00771 |
| **р** | 0,00035 | 0,00682 | 0,00032 | 0,00042 | 0,00038 | 0,00059 | 0,00432 | 0,00023 | 0,00012 | 0,00361 | 0,00001 | 0,00115 | 0,00017 | 0,00011 | 0,00082 | 0,00649 |
| **с** | 0,00087 | 0,00202 | 0,00004 | 0,0017 | 0,00001 | 0,00044 | 0,00298 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00121 | 0,00027 | 0,00427 | 0,00256 | 0,00092 | 0,00085 | 0,00225 |
| **т** | 0,00147 | 0,00527 | 0,00001 | 0,00245 | 0,00001 | 0,00018 | 0,00421 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00326 | 0,00002 | 0,00046 | 0,00051 | 0,00023 | 0,00116 | 0,01429 |
| **у** | 0,00572 | 0,00006 | 0,00046 | 0,001 | 0,00092 | 0,00151 | 0,00017 | 0,00155 | 0,00037 | 0,00001 | 0,00009 | 0,00109 | 0,00091 | 0,00117 | 0,00019 | 0,00001 |
| **ф** | 0,00005 | 0,00009 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00013 | 0 | 0 | 0,00028 | 0 | 0 | 0,00001 | 0 | 0 | 0,00007 |
| **х** | 0,001 | 0,00091 | 0 | 0,00008 | 0 | 0 | 0,00001 | 0 | 0 | 0,00009 | 0 | 0 | 0,00008 | 0,00003 | 0,00009 | 0,00194 |
| **ц** | 0,00021 | 0,00042 | 0 | 0,00004 | 0 | 0 | 0,00053 | 0 | 0 | 0,00025 | 0 | 0,00013 | 0,00012 | 0 | 0,00002 | 0,0003 |
| **ч** | 0,0013 | 0,00249 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00344 | 0 | 0 | 0,00115 | 0,00001 | 0,00025 | 0,00002 | 0,00024 | 0,00047 | 0,00004 |
| **ш** | 0,00003 | 0,00083 | 0 | 0,00003 | 0 | 0 | 0,00216 | 0 | 0 | 0,00104 | 0,00015 | 0,00038 | 0,00044 | 0 | 0,00029 | 0,00028 |
| **щ** | 0 | 0,0004 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0013 | 0 | 0 | 0,00074 | 0,00008 | 0 | 0 | 0 | 0,00003 | 0 |
| **ы** | 0,0039 | 0 | 0,00032 | 0,00089 | 0,00007 | 0,00018 | 0,00056 | 0,00002 | 0,00012 | 0,00001 | 0,00118 | 0,00017 | 0,00227 | 0,00118 | 0,00055 | 0,00001 |
| **ь** | 0,04368 | 0,00004 | 0,00011 | 0,00007 | 0,00006 | 0,00002 | 0,00046 | 0 | 0,00052 | 0,00039 | 0 | 0,00095 | 0,00002 | 0,00032 | 0,00131 | 0,00007 |
| **э** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00001 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00004 | 0,00003 | 0 | 0,00003 | 0 |
| **ю** | 0,00258 | 0,00001 | 0,00069 | 0,00001 | 0 | 0,0003 | 0 | 0,00001 | 0,00003 | 0,00001 | 0 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00002 | 0,00005 | 0,00001 |
| **я** | 0,01127 | 0 | 0,00003 | 0,00028 | 0,00025 | 0,00043 | 0,00016 | 0,00018 | 0,00041 | 0,00003 | 0,00009 | 0,00014 | 0,00074 | 0,00033 | 0,00063 | 0,00002 |
|  | **п** | **р** | **с** | **т** | **у** | **ф** | **х** | **ц** | **ч** | **ш** | **щ** | **ы** | **ь** | **э** | **ю** | **я** |
|  | 0,0132 | 0,0042 | 0,01509 | 0,0078 | 0,00398 | 0,00044 | 0,00146 | 0,00024 | 0,00596 | 0,00055 | 0,00012 | 0 | 0 | 0,00277 | 0,00007 | 0,00178 |
| **а** | 0,00078 | 0,00227 | 0,00324 | 0,00405 | 0,00004 | 0,00027 | 0,00096 | 0,00014 | 0,00264 | 0,0008 | 0,00021 | 0 | 0 | 0 | 0,00086 | 0,00216 |
| **б** | 0 | 0,00108 | 0,00007 | 0 | 0,00098 | 0 | 0,00008 | 0 | 0 | 0,00001 | 0,00031 | 0,00382 | 0,00033 | 0 | 0 | 0,00053 |
| **в** | 0,00016 | 0,00123 | 0,00336 | 0,00065 | 0,0007 | 0 | 0,00006 | 0,00004 | 0,00022 | 0,0008 | 0,00002 | 0,00223 | 0,00439 | 0 | 0,00001 | 0,00034 |
| **г** | 0 | 0,00079 | 0,00003 | 0,00001 | 0,00052 | 0 | 0 | 0 | 0,00004 | 0 | 0 | 0 | 0,00056 | 0 | 0,00001 | 0,00003 |
| **д** | 0,00006 | 0,00135 | 0,00036 | 0,00047 | 0,00173 | 0 | 0,00005 | 0,00012 | 0,00005 | 0,00013 | 0 | 0,00056 | 0,00143 | 0 | 0,00003 | 0,00043 |
| **е** | 0,00102 | 0,00559 | 0,00304 | 0,00351 | 0,00007 | 0 | 0,00013 | 0,00023 | 0,00056 | 0,00032 | 0,00041 | 0 | 0 | 0 | 0,00013 | 0,00064 |
| **ж** | 0 | 0 | 0,00003 | 0 | 0,00026 | 0 | 0 | 0 | 0,00001 | 0 | 0 | 0 | 0,00026 | 0 | 0 | 0,00001 |
| **з** | 0,00004 | 0,00015 | 0,00029 | 0,00002 | 0,00022 | 0 | 0 | 0 | 0,00001 | 0 | 0 | 0,00035 | 0,00103 | 0 | 0 | 0,00043 |
| **и** | 0,00015 | 0,00047 | 0,00324 | 0,00359 | 0,00001 | 0,00002 | 0,00138 | 0,00074 | 0,00176 | 0,00047 | 0,00012 | 0 | 0 | 0 | 0,00007 | 0,00041 |
| **й** | 0,00001 | 0,00001 | 0,00049 | 0,00018 | 0 | 0 | 0,00001 | 0,00004 | 0,00007 | 0,00009 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **к** | 0 | 0,00137 | 0,00123 | 0,00044 | 0,00113 | 0 | 0 | 0,00008 | 0 | 0,00001 | 0 | 0 | 0,00359 | 0 | 0 | 0,00007 |
| **л** | 0,00006 | 0 | 0,00134 | 0,0001 | 0,00096 | 0 | 0 | 0 | 0,00008 | 0,00001 | 0 | 0,00063 | 0,00857 | 0 | 0,00116 | 0,00169 |
| **м** | 0,00005 | 0,00015 | 0,00038 | 0,00013 | 0,0025 | 0 | 0,00002 | 0 | 0,00007 | 0,00014 | 0,00002 | 0,00083 | 0,00569 | 0 | 0,00003 | 0,00043 |
| **н** | 0 | 0,00009 | 0,00107 | 0,00093 | 0,00267 | 0,00001 | 0 | 0,00041 | 0,0004 | 0,00004 | 0,00025 | 0,00292 | 0,00533 | 0 | 0,00024 | 0,00222 |
| **о** | 0,00134 | 0,00522 | 0,0055 | 0,00585 | 0,00006 | 0,00015 | 0,00033 | 0,00011 | 0,00144 | 0,00118 | 0,0002 | 0 | 0 | 0,00004 | 0,00034 | 0,00048 |
| **п** | 0,00001 | 0,00573 | 0,00001 | 0,00002 | 0,0004 | 0,00001 | 0,00002 | 0,00002 | 0,00001 | 0,00004 | 0 | 0,00024 | 0,00008 | 0 | 0 | 0,00023 |
| **р** | 0,00005 | 0,00007 | 0,00026 | 0,00051 | 0,00251 | 0,00002 | 0,0002 | 0,00002 | 0,00021 | 0,00041 | 0,00003 | 0,00122 | 0,00116 | 0 | 0,00013 | 0,00105 |
| **с** | 0,00151 | 0,00015 | 0,00038 | 0,01151 | 0,00053 | 0,00001 | 0,00024 | 0,00005 | 0,00041 | 0,00006 | 0 | 0,00035 | 0,00504 | 0 | 0,00018 | 0,00298 |
| **т** | 0,00005 | 0,00249 | 0,00118 | 0,00008 | 0,00116 | 0,00001 | 0,00009 | 0,00004 | 0,00019 | 0,00003 | 0,00002 | 0,00127 | 0,00947 | 0 | 0,00004 | 0,00054 |
| **у** | 0,00055 | 0,00071 | 0,00094 | 0,00164 | 0 | 0,00003 | 0,0003 | 0 | 0,00074 | 0,00069 | 0,00024 | 0 | 0 | 0,00002 | 0,00098 | 0,00008 |
| **ф** | 0 | 0,00014 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00002 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00004 | 0 | 0 | 0 |
| **х** | 0 | 0,0001 | 0,00004 | 0 | 0,0001 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00208 | 0 | 0 | 0 |
| **ц** | 0,00001 | 0 | 0 | 0 | 0,00014 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00014 | 0,00015 | 0 | 0,00001 | 0,00002 |
| **ч** | 0 | 0,00002 | 0 | 0,00404 | 0,00081 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00011 | 0 | 0 | 0,00077 | 0 | 0 | 0,00001 |
| **ш** | 0,00001 | 0 | 0 | 0,00003 | 0,00026 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00044 | 0 | 0 | 0,00003 |
| **щ** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00007 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00002 | 0 | 0 | 0,00002 |
| **ы** | 0,00008 | 0,00021 | 0,00068 | 0,00062 | 0,00001 | 0,00002 | 0,00091 | 0 | 0,00018 | 0,00032 | 0,00001 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0003 |
| **ь** | 0,00004 | 0,00002 | 0,00082 | 0,00008 | 0,00002 | 0 | 0,00003 | 0,00007 | 0,00004 | 0,00046 | 0,00001 | 0 | 0 | 0,00001 | 0,00041 | 0,00047 |
| **э** | 0,00008 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00274 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **ю** | 0,00001 | 0,00007 | 0,00013 | 0,00032 | 0 | 0 | 0,00001 | 0 | 0,00007 | 0,00002 | 0,00044 | 0 | 0 | 0 | 0,00003 | 0 |
| **я** | 0,00004 | 0,00005 | 0,00065 | 0,00104 | 0 | 0 | 0,0003 | 0,00006 | 0,00008 | 0 | 0,00026 | 0 | 0 | 0 | 0,0001 | 0,00011 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Біграми без перетину** | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | **а** | **б** | **в** | **г** | **д** | **е** | **ж** | **з** | **и** | **й** | **к** | **л** | **м** | **н** | **о** | **п** |
| **а** | 0,00056 | 0,00167 | 0,00569 | 0,00271 | 0,00305 | 0,00239 | 0,00133 | 0,00495 | 0,00171 | 0,00058 | 0,00595 | 0,01068 | 0,0034 | 0,00881 | 0,00176 | 0,00287 |
| **б** | 0,001 | 0,00001 | 0,00017 | 0,00007 | 0,00029 | 0,00128 | 0,00012 | 0,00003 | 0,00104 | 0 | 0,00024 | 0,00098 | 0,00008 | 0,00035 | 0,00232 | 0,00004 |
| **в** | 0,00624 | 0,00004 | 0,00016 | 0,00008 | 0,00048 | 0,00308 | 0,00008 | 0,00054 | 0,0044 | 0,00005 | 0,00067 | 0,0011 | 0,00027 | 0,00159 | 0,00769 | 0,00046 |
| **г** | 0,00105 | 0 | 0,00003 | 0,00001 | 0,00125 | 0,00025 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00093 | 0,00007 | 0,00014 | 0,00172 | 0,00001 | 0,00018 | 0,00962 | 0,00003 |
| **д** | 0,00545 | 0,00004 | 0,00092 | 0,00002 | 0,00004 | 0,00251 | 0,00003 | 0,00003 | 0,00209 | 0,00012 | 0,00028 | 0,00247 | 0,00013 | 0,00183 | 0,00398 | 0,00012 |
| **е** | 0,0002 | 0,00217 | 0,00406 | 0,00412 | 0,00274 | 0,00166 | 0,00082 | 0,00169 | 0,00121 | 0,00264 | 0,00285 | 0,00419 | 0,00458 | 0,00917 | 0,00154 | 0,00288 |
| **ж** | 0,00148 | 0,00006 | 0 | 0,00001 | 0,00082 | 0,00472 | 0 | 0 | 0,00163 | 0,00001 | 0,00011 | 0 | 0 | 0,00099 | 0,00004 | 0 |
| **з** | 0,00723 | 0,00018 | 0,00095 | 0,00051 | 0,00099 | 0,00021 | 0,0002 | 0,00004 | 0,00039 | 0 | 0,00013 | 0,00026 | 0,00032 | 0,00221 | 0,00052 | 0,00009 |
| **и** | 0,00056 | 0,0012 | 0,00484 | 0,00093 | 0,00255 | 0,00105 | 0,00064 | 0,00305 | 0,00157 | 0,00037 | 0,00276 | 0,00511 | 0,00364 | 0,00648 | 0,00188 | 0,00213 |
| **й** | 0,00049 | 0,00035 | 0,00071 | 0,00024 | 0,00074 | 0,00013 | 0,00029 | 0,00028 | 0,00076 | 0 | 0,00068 | 0,00033 | 0,00036 | 0,00099 | 0,00059 | 0,0007 |
| **к** | 0,00819 | 0,00004 | 0,00039 | 0,00003 | 0,00003 | 0,00048 | 0,00017 | 0,00004 | 0,00268 | 0,00039 | 0,0001 | 0,00034 | 0,00007 | 0,00157 | 0,00954 | 0,0001 |
| **л** | 0,00881 | 0,00004 | 0,00012 | 0,00014 | 0,00033 | 0,0048 | 0,00042 | 0,0001 | 0,00581 | 0,00005 | 0,00037 | 0,00029 | 0,00003 | 0,00054 | 0,00641 | 0,00015 |
| **м** | 0,00315 | 0,00006 | 0,00024 | 0,00007 | 0,00006 | 0,00178 | 0,00004 | 0,00004 | 0,0032 | 0 | 0,00015 | 0,00029 | 0,00011 | 0,00169 | 0,0036 | 0,00025 |
| **н** | 0,01374 | 0,00009 | 0,00021 | 0,00016 | 0,00078 | 0,0108 | 0,0001 | 0,00007 | 0,00662 | 0,0002 | 0,00039 | 0,00009 | 0,00005 | 0,00426 | 0,01109 | 0,00017 |
| **о** | 0,00035 | 0,00532 | 0,01048 | 0,00469 | 0,00573 | 0,00324 | 0,00255 | 0,00201 | 0,00237 | 0,00476 | 0,00299 | 0,00677 | 0,00679 | 0,01219 | 0,00293 | 0,0038 |
| **п** | 0,00108 | 0,00001 | 0,00003 | 0,00001 | 0 | 0,00251 | 0 | 0 | 0,00192 | 0 | 0,00009 | 0,00054 | 0 | 0,00006 | 0,00919 | 0,00002 |
| **р** | 0,00822 | 0,0004 | 0,00053 | 0,00046 | 0,00076 | 0,00523 | 0,00032 | 0,00017 | 0,00436 | 0 | 0,00141 | 0,00024 | 0,00014 | 0,00098 | 0,00794 | 0,00011 |
| **с** | 0,00249 | 0,00008 | 0,00205 | 0,00004 | 0,00056 | 0,00356 | 0,00005 | 0,00004 | 0,0015 | 0,00032 | 0,00519 | 0,00309 | 0,00121 | 0,00111 | 0,00273 | 0,00197 |
| **т** | 0,0064 | 0,00006 | 0,0031 | 0,00005 | 0,00028 | 0,00508 | 0,00004 | 0,00006 | 0,0041 | 0,00002 | 0,00065 | 0,00064 | 0,00032 | 0,00153 | 0,01728 | 0,00019 |
| **у** | 0,00025 | 0,00074 | 0,0017 | 0,00122 | 0,00217 | 0,00036 | 0,00194 | 0,00057 | 0,00065 | 0,00011 | 0,00167 | 0,00114 | 0,00161 | 0,00103 | 0,00048 | 0,00106 |
| **ф** | 0,00011 | 0 | 0,00001 | 0 | 0 | 0,00016 | 0 | 0 | 0,00039 | 0 | 0 | 0,00001 | 0 | 0,00004 | 0,00008 | 0 |
| **х** | 0,00104 | 0,00002 | 0,00027 | 0,00003 | 0,00004 | 0,00004 | 0,00001 | 0,00003 | 0,00015 | 0 | 0,00006 | 0,00014 | 0,00007 | 0,00026 | 0,00233 | 0,00011 |
| **ц** | 0,00055 | 0,00001 | 0,00005 | 0 | 0,00001 | 0,00063 | 0 | 0,00001 | 0,00029 | 0,00001 | 0,00015 | 0,00016 | 0,00001 | 0,00005 | 0,00036 | 0,00004 |
| **ч** | 0,0031 | 0,00005 | 0,00015 | 0,00004 | 0,00005 | 0,0042 | 0,00001 | 0,00003 | 0,00148 | 0,00001 | 0,00037 | 0,00004 | 0,00036 | 0,00069 | 0,0002 | 0,00011 |
| **ш** | 0,00099 | 0 | 0,00005 | 0 | 0 | 0,00266 | 0 | 0 | 0,00126 | 0,00019 | 0,00044 | 0,00055 | 0 | 0,0004 | 0,00034 | 0,00002 |
| **щ** | 0,00047 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00148 | 0 | 0 | 0,00089 | 0,0001 | 0 | 0 | 0 | 0,00004 | 0 | 0 |
| **ы** | 0,00009 | 0,00057 | 0,00144 | 0,00017 | 0,00041 | 0,0008 | 0,00009 | 0,00031 | 0,00046 | 0,00136 | 0,00044 | 0,00273 | 0,0016 | 0,00122 | 0,00039 | 0,00047 |
| **ь** | 0,00107 | 0,00225 | 0,00442 | 0,0012 | 0,00225 | 0,00238 | 0,00082 | 0,00223 | 0,00412 | 0,00001 | 0,00424 | 0,00113 | 0,00201 | 0,00669 | 0,0041 | 0,00406 |
| **э** | 0 | 0 | 0,00001 | 0,00001 | 0 | 0 | 0 | 0,00001 | 0 | 0 | 0,00004 | 0,00007 | 0,00001 | 0,00005 | 0 | 0,0001 |
| **ю** | 0,00009 | 0,00093 | 0,00025 | 0,00005 | 0,00049 | 0,00007 | 0,00011 | 0,00014 | 0,0003 | 0 | 0,00022 | 0,00008 | 0,00013 | 0,00032 | 0,00028 | 0,00022 |
| **я** | 0,00032 | 0,00055 | 0,00149 | 0,0006 | 0,00112 | 0,00056 | 0,00043 | 0,00086 | 0,00111 | 0,00012 | 0,00087 | 0,0011 | 0,00079 | 0,00245 | 0,00085 | 0,00108 |
|  | **р** | **с** | **т** | **у** | **ф** | **х** | **ц** | **ч** | **ш** | **щ** | **ы** | **ь** | **э** | **ю** | **я** |  |
| **а** | 0,00309 | 0,00587 | 0,00594 | 0,00059 | 0,00034 | 0,00129 | 0,00022 | 0,00389 | 0,001 | 0,00024 | 0 | 0 | 0,00039 | 0,00101 | 0,00291 |  |
| **б** | 0,00132 | 0,00014 | 0,00002 | 0,00115 | 0 | 0,00009 | 0,00001 | 0,00003 | 0,00002 | 0,00038 | 0,00462 | 0,0004 | 0,00002 | 0 | 0,00057 |  |
| **в** | 0,00159 | 0,00422 | 0,00091 | 0,00081 | 0,00001 | 0,00009 | 0,00005 | 0,00027 | 0,00089 | 0,00004 | 0,00267 | 0,00534 | 0,00009 | 0,00001 | 0,00044 |  |
| **г** | 0,00091 | 0,00006 | 0,00002 | 0,00068 | 0 | 0 | 0 | 0,00007 | 0,00001 | 0 | 0 | 0,00065 | 0,00001 | 0,00002 | 0,00003 |  |
| **д** | 0,00163 | 0,00047 | 0,00057 | 0,00208 | 0,00001 | 0,00006 | 0,00013 | 0,00006 | 0,00015 | 0 | 0,0007 | 0,00171 | 0,00001 | 0,00004 | 0,00051 |  |
| **е** | 0,00708 | 0,0051 | 0,00495 | 0,00058 | 0,00002 | 0,00042 | 0,0003 | 0,00125 | 0,00042 | 0,00052 | 0 | 0 | 0,00027 | 0,00017 | 0,00089 |  |
| **ж** | 0 | 0,00004 | 0 | 0,00032 | 0 | 0 | 0 | 0,00001 | 0 | 0 | 0 | 0,00034 | 0 | 0 | 0,00001 |  |
| **з** | 0,00017 | 0,00033 | 0,00003 | 0,00029 | 0 | 0 | 0,00001 | 0,00002 | 0,00001 | 0 | 0,00045 | 0,00126 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00052 |  |
| **и** | 0,00116 | 0,00587 | 0,00522 | 0,0006 | 0,00006 | 0,0019 | 0,00095 | 0,00269 | 0,00068 | 0,00017 | 0 | 0 | 0,00033 | 0,00009 | 0,00073 |  |
| **й** | 0,0005 | 0,00158 | 0,00063 | 0,00021 | 0,00005 | 0,00009 | 0,00006 | 0,00048 | 0,00016 | 0,00001 | 0 | 0 | 0,00008 | 0,00001 | 0,00006 |  |
| **к** | 0,00163 | 0,00161 | 0,00056 | 0,00135 | 0,00001 | 0 | 0,00011 | 0,00003 | 0,00001 | 0 | 0 | 0,00428 | 0,00002 | 0 | 0,00011 |  |
| **л** | 0,00003 | 0,00166 | 0,00019 | 0,00118 | 0 | 0,00001 | 0 | 0,00014 | 0,00002 | 0 | 0,0008 | 0,01019 | 0,00003 | 0,00135 | 0,00201 |  |
| **м** | 0,00026 | 0,00061 | 0,00035 | 0,00303 | 0,00001 | 0,00003 | 0,00001 | 0,0002 | 0,00015 | 0,00004 | 0,00098 | 0,00672 | 0,00003 | 0,00005 | 0,00053 |  |
| **н** | 0,0002 | 0,00145 | 0,00105 | 0,00332 | 0,00002 | 0,00002 | 0,00051 | 0,00051 | 0,00004 | 0,00029 | 0,00355 | 0,00666 | 0,00002 | 0,00029 | 0,00272 |  |
| **о** | 0,00691 | 0,00895 | 0,00886 | 0,00071 | 0,00027 | 0,00066 | 0,00017 | 0,003 | 0,00143 | 0,00025 | 0 | 0 | 0,00055 | 0,00045 | 0,00103 |  |
| **п** | 0,00695 | 0,00003 | 0,00003 | 0,00049 | 0 | 0,00002 | 0,00002 | 0,00002 | 0,00005 | 0 | 0,00027 | 0,00008 | 0 | 0,00001 | 0,00026 |  |
| **р** | 0,00009 | 0,00032 | 0,00061 | 0,00315 | 0,00002 | 0,00027 | 0,00002 | 0,00026 | 0,00053 | 0,00003 | 0,00147 | 0,00136 | 0,00001 | 0,00013 | 0,00122 |  |
| **с** | 0,00019 | 0,00056 | 0,01378 | 0,00068 | 0,00002 | 0,0003 | 0,00005 | 0,00051 | 0,00008 | 0 | 0,00038 | 0,00593 | 0,00004 | 0,00022 | 0,00372 |  |
| **т** | 0,00299 | 0,00168 | 0,00018 | 0,00144 | 0,00004 | 0,0001 | 0,00006 | 0,0003 | 0,00005 | 0,00003 | 0,00156 | 0,01149 | 0,00002 | 0,00006 | 0,00068 |  |
| **у** | 0,00103 | 0,00168 | 0,00231 | 0,00012 | 0,00004 | 0,0005 | 0,00002 | 0,00136 | 0,00085 | 0,00034 | 0 | 0 | 0,0001 | 0,0011 | 0,0002 |  |
| **ф** | 0,00017 | 0,00003 | 0,00001 | 0,00003 | 0,00001 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00001 | 0,00006 | 0 | 0,00001 | 0 |  |
| **х** | 0,00017 | 0,00024 | 0,00004 | 0,00015 | 0 | 0 | 0 | 0,00002 | 0,00001 | 0 | 0 | 0,00256 | 0,00001 | 0 | 0 |  |
| **ц** | 0,00001 | 0,00002 | 0,00001 | 0,00018 | 0 | 0 | 0,00001 | 0,00001 | 0 | 0 | 0,00018 | 0,00017 | 0 | 0,00001 | 0,00002 |  |
| **ч** | 0,00007 | 0,00015 | 0,00496 | 0,00105 | 0 | 0,00001 | 0 | 0,00004 | 0,00015 | 0 | 0 | 0,00091 | 0,00002 | 0 | 0,00004 |  |
| **ш** | 0 | 0 | 0,00005 | 0,00034 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00052 | 0 | 0 | 0,00004 |  |
| **щ** | 0 | 0 | 0 | 0,0001 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00003 | 0 | 0 | 0,00004 |  |
| **ы** | 0,00038 | 0,00121 | 0,00093 | 0,00013 | 0,00003 | 0,00113 | 0,00001 | 0,00026 | 0,00037 | 0,00001 | 0 | 0 | 0,00005 | 0 | 0,00047 |  |
| **ь** | 0,00112 | 0,00629 | 0,00248 | 0,00134 | 0,00009 | 0,00048 | 0,00014 | 0,00207 | 0,00071 | 0,00005 | 0 | 0 | 0,00114 | 0,00048 | 0,00115 |  |
| **э** | 0,00001 | 0 | 0,0032 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |  |
| **ю** | 0,00019 | 0,00044 | 0,00053 | 0,00007 | 0,00002 | 0,00003 | 0,00001 | 0,00026 | 0,00004 | 0,0005 | 0 | 0 | 0,00005 | 0,00005 | 0,00005 |  |
| **я** | 0,00043 | 0,00218 | 0,00186 | 0,00031 | 0,00005 | 0,00049 | 0,00008 | 0,00048 | 0,00005 | 0,00034 | 0 | 0 | 0,00017 | 0,00012 | 0,00023 |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Біграми з перетином** | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | **а** | **б** | **в** | **г** | **д** | **е** | **ж** | **з** | **и** | **й** | **к** | **л** | **м** | **н** | **о** | **п** |
| **а** | 0,00057 | 0,00167 | 0,00563 | 0,00267 | 0,00304 | 0,00242 | 0,00135 | 0,005 | 0,00169 | 0,00058 | 0,00595 | 0,01065 | 0,00339 | 0,00862 | 0,0018 | 0,00285 |
| **б** | 0,001 | 0,00001 | 0,00017 | 0,00007 | 0,00029 | 0,00129 | 0,00013 | 0,00003 | 0,00105 | 0,00001 | 0,00023 | 0,00098 | 0,00007 | 0,00034 | 0,00234 | 0,00004 |
| **в** | 0,00621 | 0,00005 | 0,00016 | 0,00008 | 0,00047 | 0,00303 | 0,00007 | 0,00053 | 0,00433 | 0,00005 | 0,00068 | 0,00111 | 0,00026 | 0,00162 | 0,00778 | 0,00046 |
| **г** | 0,00108 | 0 | 0,00004 | 0,00001 | 0,00129 | 0,00025 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00089 | 0,00007 | 0,00013 | 0,00165 | 0 | 0,0002 | 0,0096 | 0,00003 |
| **д** | 0,00536 | 0,00004 | 0,0009 | 0,00002 | 0,00006 | 0,00248 | 0,00002 | 0,00003 | 0,0021 | 0,00011 | 0,00029 | 0,00248 | 0,00011 | 0,00182 | 0,00396 | 0,00011 |
| **е** | 0,00022 | 0,00216 | 0,00412 | 0,00414 | 0,00281 | 0,00162 | 0,00079 | 0,00173 | 0,00119 | 0,00262 | 0,00288 | 0,00417 | 0,00448 | 0,00931 | 0,00148 | 0,00279 |
| **ж** | 0,00152 | 0,00006 | 0 | 0,00001 | 0,00083 | 0,0047 | 0 | 0 | 0,00164 | 0,00001 | 0,00012 | 0 | 0 | 0,00098 | 0,00003 | 0 |
| **з** | 0,00732 | 0,00018 | 0,00094 | 0,00051 | 0,00099 | 0,00021 | 0,00019 | 0,00003 | 0,00039 | 0 | 0,00014 | 0,00024 | 0,00032 | 0,00219 | 0,00053 | 0,00007 |
| **и** | 0,00055 | 0,00123 | 0,00478 | 0,001 | 0,00254 | 0,00107 | 0,00063 | 0,00306 | 0,00159 | 0,00039 | 0,00276 | 0,00502 | 0,00364 | 0,00654 | 0,00194 | 0,00219 |
| **й** | 0,00047 | 0,00035 | 0,00072 | 0,00023 | 0,00072 | 0,00014 | 0,00028 | 0,0003 | 0,00076 | 0 | 0,0007 | 0,0003 | 0,00033 | 0,00096 | 0,00059 | 0,00076 |
| **к** | 0,00813 | 0,00004 | 0,00037 | 0,00003 | 0,00004 | 0,00047 | 0,00017 | 0,00004 | 0,00261 | 0,00039 | 0,00009 | 0,00034 | 0,00007 | 0,00159 | 0,00952 | 0,00011 |
| **л** | 0,00886 | 0,00004 | 0,00012 | 0,00014 | 0,00033 | 0,00467 | 0,0004 | 0,0001 | 0,00592 | 0,00005 | 0,00037 | 0,00029 | 0,00004 | 0,00054 | 0,00632 | 0,00016 |
| **м** | 0,00314 | 0,00006 | 0,00024 | 0,00007 | 0,00006 | 0,00187 | 0,00004 | 0,00005 | 0,00321 | 0 | 0,00015 | 0,00029 | 0,00011 | 0,00166 | 0,00358 | 0,00025 |
| **н** | 0,01383 | 0,00009 | 0,00021 | 0,00017 | 0,00077 | 0,01082 | 0,00009 | 0,00007 | 0,00669 | 0,00019 | 0,00038 | 0,00009 | 0,00005 | 0,00424 | 0,01124 | 0,00017 |
| **о** | 0,00034 | 0,00529 | 0,01042 | 0,00469 | 0,00579 | 0,00329 | 0,00257 | 0,002 | 0,00235 | 0,00478 | 0,00299 | 0,0068 | 0,00679 | 0,01221 | 0,00287 | 0,00379 |
| **п** | 0,0011 | 0,00001 | 0,00002 | 0,00001 | 0 | 0,00251 | 0 | 0 | 0,00196 | 0 | 0,00008 | 0,00053 | 0 | 0,00008 | 0,00905 | 0,00002 |
| **р** | 0,00812 | 0,00039 | 0,00055 | 0,00045 | 0,00075 | 0,00524 | 0,0003 | 0,00015 | 0,00439 | 0,00001 | 0,00143 | 0,00022 | 0,00015 | 0,00097 | 0,00785 | 0,00011 |
| **с** | 0,00253 | 0,00009 | 0,00209 | 0,00004 | 0,00056 | 0,00356 | 0,00004 | 0,00003 | 0,00155 | 0,00034 | 0,00519 | 0,00304 | 0,00118 | 0,00111 | 0,00279 | 0,00193 |
| **т** | 0,00642 | 0,00005 | 0,00313 | 0,00005 | 0,00027 | 0,00517 | 0,00004 | 0,00005 | 0,00408 | 0,00002 | 0,00064 | 0,00066 | 0,00033 | 0,00152 | 0,01734 | 0,00018 |
| **у** | 0,00024 | 0,00075 | 0,0017 | 0,00124 | 0,00213 | 0,00037 | 0,00197 | 0,00058 | 0,00065 | 0,00011 | 0,00172 | 0,00117 | 0,0016 | 0,00105 | 0,00047 | 0,00112 |
| **ф** | 0,00011 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00016 | 0 | 0 | 0,00038 | 0 | 0 | 0,00002 | 0 | 0,00004 | 0,00009 | 0 |
| **х** | 0,00105 | 0,00002 | 0,00026 | 0,00003 | 0,00004 | 0,00003 | 0,00001 | 0,00003 | 0,00017 | 0 | 0,00006 | 0,00014 | 0,00006 | 0,00025 | 0,00241 | 0,00012 |
| **ц** | 0,00054 | 0,00001 | 0,00006 | 0 | 0 | 0,00066 | 0 | 0,00001 | 0,00029 | 0 | 0,00017 | 0,00014 | 0,00001 | 0,00005 | 0,00037 | 0,00003 |
| **ч** | 0,00306 | 0,00005 | 0,00015 | 0,00005 | 0,00005 | 0,00429 | 0,00001 | 0,00003 | 0,00146 | 0,00001 | 0,00039 | 0,00005 | 0,00034 | 0,00066 | 0,0002 | 0,00012 |
| **ш** | 0,00099 | 0 | 0,00004 | 0 | 0 | 0,00264 | 0 | 0 | 0,00129 | 0,00017 | 0,00045 | 0,00058 | 0 | 0,00037 | 0,00035 | 0,00002 |
| **щ** | 0,00048 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00154 | 0 | 0 | 0,00088 | 0,0001 | 0 | 0 | 0 | 0,00004 | 0 | 0 |
| **ы** | 0,00008 | 0,00058 | 0,00144 | 0,00016 | 0,00042 | 0,00078 | 0,00009 | 0,00031 | 0,00044 | 0,00137 | 0,00043 | 0,00279 | 0,00158 | 0,00125 | 0,00039 | 0,0005 |
| **ь** | 0,00107 | 0,00218 | 0,00447 | 0,00119 | 0,00226 | 0,00238 | 0,00083 | 0,00216 | 0,00406 | 0,00001 | 0,00419 | 0,00111 | 0,00206 | 0,00663 | 0,0041 | 0,00418 |
| **э** | 0 | 0 | 0,00001 | 0,00001 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00005 | 0,00005 | 0,00001 | 0,00004 | 0 | 0,0001 |
| **ю** | 0,00008 | 0,00091 | 0,00024 | 0,00006 | 0,00051 | 0,00008 | 0,00011 | 0,00012 | 0,00029 | 0 | 0,00021 | 0,00008 | 0,00012 | 0,0003 | 0,00027 | 0,00022 |
| **я** | 0,00033 | 0,00056 | 0,00148 | 0,0006 | 0,00111 | 0,00057 | 0,00045 | 0,00089 | 0,00102 | 0,00012 | 0,00088 | 0,00114 | 0,0008 | 0,00244 | 0,00088 | 0,00109 |
|  | **р** | **с** | **т** | **у** | **ф** | **х** | **ц** | **ч** | **ш** | **щ** | **ы** | **ь** | **э** | **ю** | **я** |  |
| **а** | 0,00319 | 0,00584 | 0,00602 | 0,00059 | 0,00035 | 0,00132 | 0,00022 | 0,00385 | 0,00103 | 0,00025 | 0 | 0 | 0,0004 | 0,00101 | 0,0029 |  |
| **б** | 0,00137 | 0,00014 | 0,00002 | 0,00119 | 0 | 0,00009 | 0 | 0,00003 | 0,00002 | 0,00036 | 0,00457 | 0,0004 | 0,00003 | 0,00001 | 0,00058 |  |
| **в** | 0,00161 | 0,00423 | 0,00093 | 0,00084 | 0,00001 | 0,00009 | 0,00005 | 0,00027 | 0,00092 | 0,00003 | 0,00266 | 0,00534 | 0,00009 | 0,00002 | 0,00043 |  |
| **г** | 0,00094 | 0,00006 | 0,00003 | 0,00066 | 0 | 0 | 0 | 0,00006 | 0,00001 | 0 | 0 | 0,00065 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00004 |  |
| **д** | 0,00169 | 0,00048 | 0,00058 | 0,00207 | 0,00001 | 0,00006 | 0,00013 | 0,00007 | 0,00015 | 0 | 0,00069 | 0,00175 | 0,00001 | 0,00004 | 0,0005 |  |
| **е** | 0,00715 | 0,00506 | 0,0049 | 0,00056 | 0,00002 | 0,0004 | 0,00031 | 0,00119 | 0,00042 | 0,00051 | 0 | 0 | 0,00026 | 0,00017 | 0,00087 |  |
| **ж** | 0 | 0,00004 | 0 | 0,00032 | 0 | 0 | 0 | 0,00001 | 0 | 0 | 0 | 0,00033 | 0 | 0 | 0,00001 |  |
| **з** | 0,0002 | 0,00034 | 0,00004 | 0,00029 | 0 | 0 | 0,00001 | 0,00002 | 0,00001 | 0 | 0,00044 | 0,00121 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00051 |  |
| **и** | 0,00116 | 0,00579 | 0,00523 | 0,00059 | 0,00006 | 0,00186 | 0,00095 | 0,00274 | 0,00065 | 0,00018 | 0 | 0 | 0,00033 | 0,00011 | 0,00072 |  |
| **й** | 0,0005 | 0,00152 | 0,00064 | 0,00021 | 0,00005 | 0,00008 | 0,00006 | 0,0005 | 0,00017 | 0,00001 | 0 | 0 | 0,00008 | 0,00001 | 0,00007 |  |
| **к** | 0,00163 | 0,0016 | 0,00058 | 0,00138 | 0,00001 | 0 | 0,00011 | 0,00003 | 0,00001 | 0 | 0 | 0,00427 | 0,00003 | 0 | 0,00011 |  |
| **л** | 0,00003 | 0,00169 | 0,0002 | 0,00114 | 0 | 0,00001 | 0 | 0,00013 | 0,00002 | 0 | 0,00081 | 0,01034 | 0,00003 | 0,00138 | 0,00203 |  |
| **м** | 0,00024 | 0,00062 | 0,00035 | 0,00307 | 0,00001 | 0,00003 | 0,00001 | 0,00019 | 0,00016 | 0,00004 | 0,00102 | 0,00679 | 0,00002 | 0,00005 | 0,00053 |  |
| **н** | 0,00018 | 0,00144 | 0,00112 | 0,00328 | 0,00002 | 0,00001 | 0,00051 | 0,00052 | 0,00005 | 0,00029 | 0,00357 | 0,00647 | 0,00002 | 0,00028 | 0,00273 |  |
| **о** | 0,00698 | 0,00897 | 0,00878 | 0,00072 | 0,00026 | 0,00064 | 0,00016 | 0,00296 | 0,00142 | 0,00025 | 0 | 0 | 0,00056 | 0,00044 | 0,00103 |  |
| **п** | 0,00682 | 0,00003 | 0,00003 | 0,0005 | 0 | 0,00002 | 0,00002 | 0,00002 | 0,00004 | 0 | 0,00028 | 0,00009 | 0 | 0,00001 | 0,00026 |  |
| **р** | 0,00009 | 0,00034 | 0,00063 | 0,00309 | 0,00002 | 0,00027 | 0,00003 | 0,00026 | 0,0005 | 0,00004 | 0,00144 | 0,00135 | 0,00001 | 0,00015 | 0,00124 |  |
| **с** | 0,0002 | 0,00053 | 0,01387 | 0,00069 | 0,00002 | 0,00029 | 0,00005 | 0,00053 | 0,00008 | 0 | 0,0004 | 0,006 | 0,00003 | 0,00023 | 0,00364 |  |
| **т** | 0,00296 | 0,00167 | 0,00018 | 0,00143 | 0,00003 | 0,00011 | 0,00005 | 0,00029 | 0,00004 | 0,00002 | 0,00153 | 0,01136 | 0,00002 | 0,00006 | 0,00068 |  |
| **у** | 0,001 | 0,00169 | 0,00227 | 0,00012 | 0,00004 | 0,00047 | 0,00001 | 0,00135 | 0,00085 | 0,0003 | 0 | 0 | 0,0001 | 0,00115 | 0,0002 |  |
| **ф** | 0,00017 | 0,00002 | 0,00002 | 0,00003 | 0,00001 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00005 | 0 | 0 | 0 |  |
| **х** | 0,00019 | 0,00025 | 0,00004 | 0,00013 | 0,00001 | 0 | 0 | 0,00003 | 0,00001 | 0 | 0 | 0,00254 | 0 | 0 | 0 |  |
| **ц** | 0,00001 | 0,00002 | 0,00001 | 0,00017 | 0 | 0 | 0,00001 | 0,00001 | 0 | 0 | 0,00017 | 0,00017 | 0 | 0,00001 | 0,00002 |  |
| **ч** | 0,00007 | 0,00016 | 0,00488 | 0,00106 | 0 | 0,00001 | 0 | 0,00004 | 0,00014 | 0 | 0 | 0,00092 | 0,00002 | 0 | 0,00004 |  |
| **ш** | 0 | 0 | 0,00004 | 0,00035 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00052 | 0 | 0 | 0,00004 |  |
| **щ** | 0 | 0 | 0 | 0,00009 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00003 | 0 | 0 | 0,00003 |  |
| **ы** | 0,00037 | 0,00123 | 0,00093 | 0,00014 | 0,00003 | 0,00113 | 0,00001 | 0,00028 | 0,00039 | 0,00001 | 0 | 0 | 0,00005 | 0 | 0,00044 |  |
| **ь** | 0,00113 | 0,00627 | 0,0025 | 0,00136 | 0,00009 | 0,00048 | 0,00014 | 0,00216 | 0,00072 | 0,00005 | 0 | 0 | 0,00115 | 0,00053 | 0,00116 |  |
| **э** | 0,00001 | 0 | 0,0032 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |  |
| **ю** | 0,00019 | 0,00043 | 0,00053 | 0,00006 | 0,00003 | 0,00003 | 0,00001 | 0,00025 | 0,00004 | 0,00053 | 0 | 0 | 0,00005 | 0,00004 | 0,00004 |  |
| **я** | 0,00044 | 0,00216 | 0,00184 | 0,0003 | 0,00005 | 0,00049 | 0,00009 | 0,00048 | 0,00005 | 0,00034 | 0 | 0 | 0,00017 | 0,00012 | 0,00024 |  |

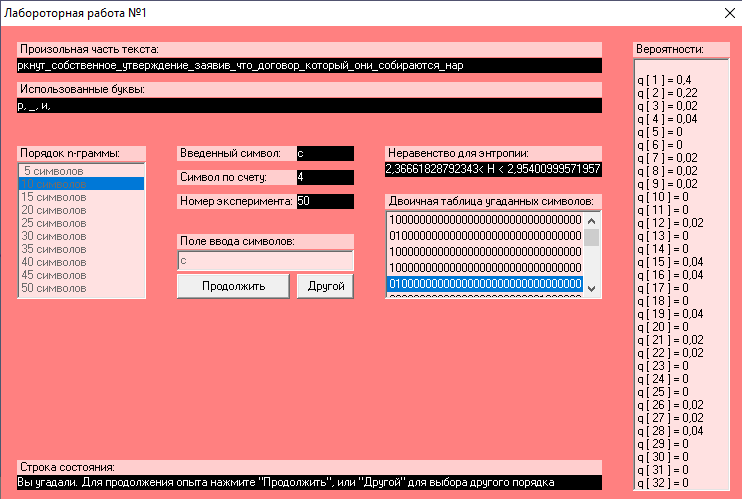
Під час виконання програми були отримані наступні значення ентропії на символ джерела Н1 та Н2. Для них були пораховані надлишковості R:

* Монограми з пробілами :: H 4.373061541633308 R 0.1253876916733384
* Перехресні біграми з пробілами :: H 3.9362295675269303 R 0.21275408649461391
* Неперехресні біграми з пробілами :: H 3.935219353274349 R 0.2129561293451302
* Монограми :: H 4.468420072218363 R 0.10631598555632737
* Перехресні біграми :: H 4.129031686272766 R 0.1741936627454468
* Неперехресні біграми :: H 4.128880762300231 R 0.1742238475399539

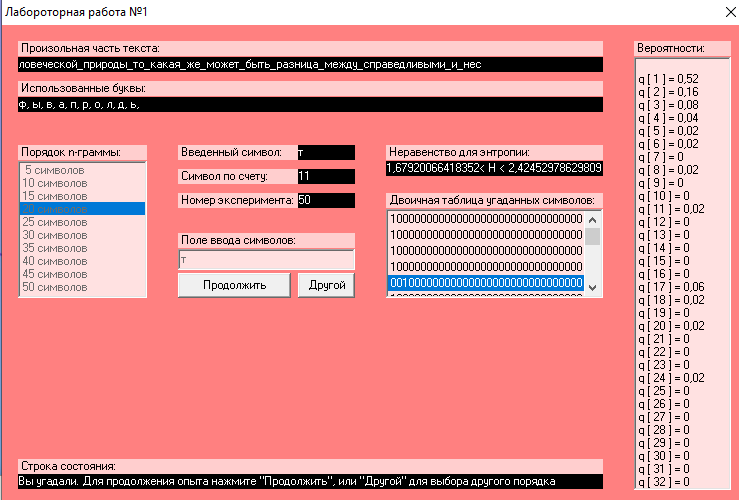
Пошук умовних ентропій Н(10), Н(20), Н(30) за допомогою CoolPinkProgram.exe.

Результати:

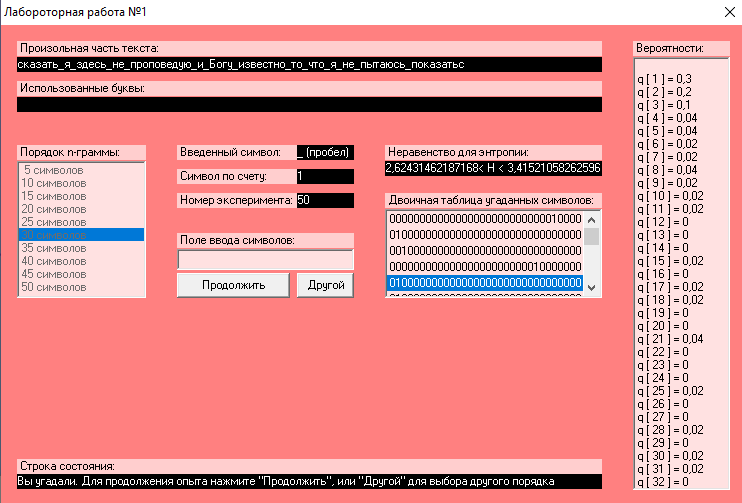
10 символів:



20 символів:



30 символів:



**Висновки:** Під час виконання завдань з лабораторного практикуму я засвоїв наступний теоретичний матеріал: поняття ентропії на символ джерела та його надлишковості, набуття практичних навичок щодо оцінки ентропії на символ джерела. Я навчився підраховувати частоти монограм та біграм відкритого тексту, ентропій Н1, Н2; пошуку умовної ентропії Н(10), Н(20), Н(30) за допомогою CoolPinkProgram.exе; підрахунку надлишковостей за допомогою теоретичних формул.