№1 Равномерный код

С И Д Я К И Н Я Р О С Л А В А Н Д Р Е Е В И Ч

$A = \{А, В, Д, Е, И, К, Л, Н, О, Р, С, Ч, Я\}$; $|A| = 13$

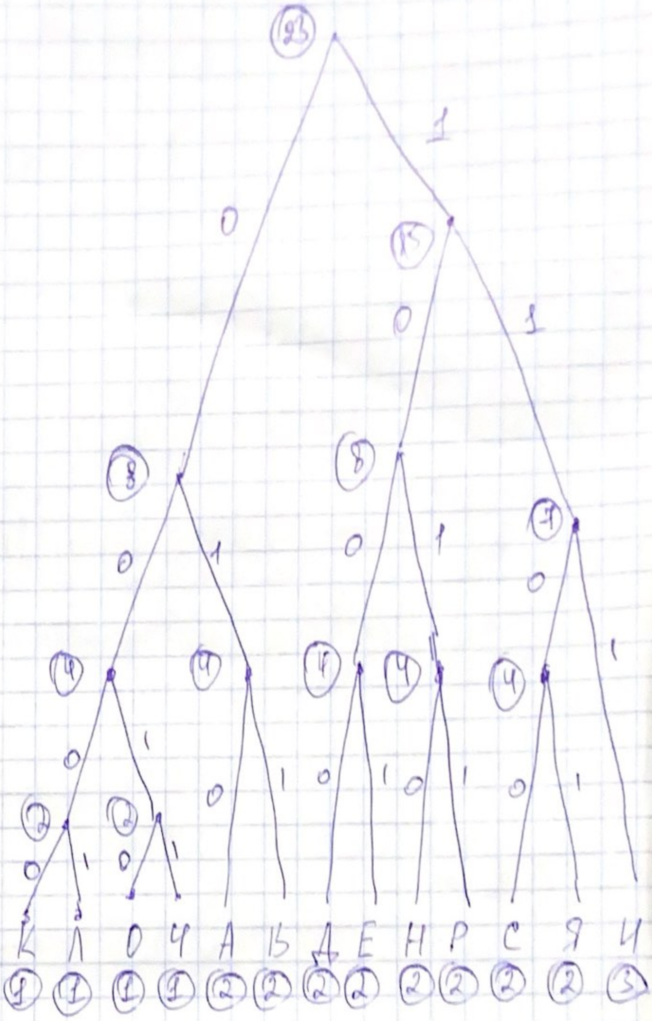
$\hat{I}(a_i) = \log_2 13 \approx 4$

	c_i
А	0000
В	0001
Д	0010
Е	0011
И	0100
К	0101
Л	0110
Н	0111
О	1000
Р	1001
С	1010
Ч	1011
Я	1100

Ответ: 1010 0100 0010 1100 0101 0100
0111 1100 1001 1000 1010 0110 0000
0001 0000 0111 0010 1001 0011 0011
0001 0100 1011

№2 Код Хаффмана

	p_i	c_i	l_i	$p_i \cdot l_i$
А	$\frac{2}{23}$	010	3	0,26
В	$\frac{2}{23}$	011	3	0,26
Д	$\frac{2}{23}$	1000	4	0,35
Е	$\frac{2}{23}$	1001	4	0,35
И	$\frac{3}{23}$	111	3	0,39
К	$\frac{1}{23}$	0000	4	0,17
Л	$\frac{1}{23}$	0001	4	0,17
Н	$\frac{2}{23}$	1010	4	0,35
О	$\frac{1}{23}$	0010	4	0,17
Р	$\frac{2}{23}$	1011	4	0,35
С	$\frac{2}{23}$	1100	4	0,35
Ч	$\frac{1}{23}$	0011	4	0,17
Я	$\frac{2}{23}$	1101	4	0,35



Ответ: 1100111100011010000111101011011011001011000001010011
010101010001011100110010111110011

$C_{хафф} \approx 3,67$

№3 Код Шеннона - Фано

	p_i	разряды 1	2	3	4	5	c_i	l_i	$p_i \cdot l_i$
И	0,13			0	—	—	000	3	0,39
А	0,09		0	1	—	—	001	3	0,27
В	0,09	0		0	—	—	010	3	0,27
Д	0,09		1		0	—	0110	4	0,36
Е	0,09			1	1	—	0111	4	0,36
Н	0,09			0	—	—	100	3	0,27
Р	0,09		0		0	—	1010	4	0,36
С	0,09			1	1	—	1011	4	0,36
Я	0,09	1		0	0	—	1100	4	0,36
К	0,04		1		1	—	1101	4	0,16
Л	0,04				0	—	1110	4	0,16
О	0,04			1		0	11110	5	0,2
Ч	0,04				1	1	11111	5	0,2

≈ 3,69 бит

Ответ: 1011 000 0110 1100 1101 000 100 1100 1010 11110
1011 1110 001 010 001 100 0110 1010 0111 0111
010 000 11111

№4 Арифметический код

символ	лев. гран.	прав. гран
С	[0,8260869565217393	; 0,9130434782608694]
И	[0,8638941398865787863	; 0,8752362948960304 2]
Д	[0,8658666885838 7459	; 0,8668529629325 2257]
. . .		
Ч	[0,8668959425239523 3...	; 0,8668959425239523 3...]

$8668959425239523 3_{10} =$ 10000110011000
100110111011111101011101000001100
$1000111111000000000100001_2$

$$A(S) \doteq \frac{|A(S)|}{|S|} = \frac{54}{23} \approx 2,3478.$$

```cpp
#include <iostream>
#include <map>
#include <iomanip>

void arithmeticEncoding(const std::string& message) {
    std::map<char, long double> probabilities;
    int messageLength = message.length();

    for (char c : message) {
        probabilities[c]++;
    }

    for (auto& pair : pair<...> & : probabilities) {
        pair.second /= messageLength;
    }

    std::map<char, long double> ranges;
    double low = 0.0;
    for (auto& pair : pair<...> & : probabilities) {
        char symbol = pair.first;
        long double probability = pair.second;
        long double high = low + probability;
        ranges[symbol] = high;
        low = high;
```

```
26
27      long double rangeLow = 0.0;
28      long double rangeHigh = 1.0;
29
30      for (int i = 0; i < messageLength; i++) {
31          char symbol = message[i];
32          long double symbolLow = rangeLow + (rangeHigh - rangeLow) * ranges[symbol];
33          long double symbolHigh = rangeLow + (rangeHigh - rangeLow) * ranges[symbol] + (rangeHigh - rangeLow) * probabilities[symbol];
34          rangeLow = symbolLow;
35          rangeHigh = symbolHigh;
36
37
38          std::cout << "Границы после: " << symbol << std::fixed << std::setprecision( n: 17)<< ": [" << rangeLow << ", " << rangeHigh << "]"
39      }
40
41      long double encodedValue = (rangeLow + rangeHigh) / 2;
42      std::cout << "Код: " << encodedValue << std::endl;
43  }
44
45  int main() {
46      setlocale( Category: LC_ALL,  Locale: "Russian");
47      std::string message = "сидякинярославандреевич";
48      arithmeticEncoding(message);
49      return 0;
50  }
```

№5

	p_i	$-p_i \log_2 p_i$
А	0,087	~~0,3832~~ 0,3065
В	0,087	0,3065
Д	0,087	0,3065
Е	0,087	0,3065
И	0,1304	0,3832
К	0,0435	0,1967
Л	0,0435	0,1967
Н	0,087	0,3065
О	0,0435	0,1967
Р	0,087	0,3065
С	0,087	0,3065
Ч	0,0435	0,1967
Я	0,087	0,3065

$$-\sum_{i=1}^{n} p_i \log_2 p_i = 3,622$$

№6

$l_{равном} = 4$

$l_{хафф} = 3,69$

$l_{ш-ф.} = 3,69$

$A(S) = 2,3478$

$H(S) = 3,62$

равном ш-ф хафф $H(S)$ $A(S)$

$4 \geq 3,69 \geq 3,69 \geq 3,62 \geq 2,35$

№7 Код Хэмминга

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60

⊗ ⊗ 1 ⊗ 0 0 1 ⊗ 1 0 1 1 1 0 1 ⊗ 1 1 1 1 1 0 1 0 1 1 1 0 1 0 0 ⊗ 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1

(1 бит): [illegible] = 0

(2 бит): [illegible] = 0

(4 бит): [illegible] = 1

(8 бит): [illegible] = 0

(16 бит): [illegible] = 0

(32 бит): [illegible] = 0

Ответ: 0011001010111 0101111101011101000001100100011111000000000010001

$$Rate = \frac{54}{60} = 0,9$$