

УДК 519.2

### **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТРОЙСТВА СЖАТИЯ НА ОСНОВЕ БИНОМИАЛЬНОГО СЧЕТА**

*А. А. Борисенко, д-р тех. наук профессор,  
А. В. Иванчук, аспирант;  
Б. К. Лопатченко, канд. техн. наук, доцент,  
А. И. Новгородцев, канд. техн. наук, доцент,  
Сумский государственный университет,  
ул. Римского-Корсакова, 2, г. Сумы, 40007, Украина;  
E-mail: ivanchuk\_aleksey@inbox.ru*

*В статье рассматривается оценка эффективности биномиального устройства сжатия двоичной информации на основе преобразования биномиальных чисел в двоичные номера. Разработана структурная схема и проведены оценки быстродействия и коэффициента сжатия устройства.*

***Ключевые слова:** биномиальный счёт, равновесный код, кодовая комбинация, быстродействие, коэффициент сжатия.*

#### **ВВЕДЕНИЕ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ**

Постоянно возрастающее количество передаваемой информации в телекоммуникационных сетях делает важной задачу сжатия данных с целью повышения их быстродействия и уменьшения требуемой емкости памяти. Кроме программ для решения этой задачи на практике применяется и их реализация в виде цифровых устройств. Особенно простой и надежной является реализация таких устройств на двоичных счетчиках [1]. Однако остается при этом нерешенной задача оценки быстродействия и коэффициента сжатия, которая и решается в данной работе.

#### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В статье [2] предложен метод преобразования биномиальных чисел в двоичные номера. Он заключается в том, чтобы любой двоичный код путем подсчета количества содержащихся в нем единиц преобразовать в равновесный код. Из него, по методу, предложенному в работе [3] с помощью биномиального счета получается двоичное число.

На рисунке 1 представлена структурная схема устройства сжатия, которая состоит из сумматора, преобразователя равновесного кода в биномиальный код и преобразователя биномиальных чисел в двоичные номера. Первой операцией выполняемой в этом устройстве является нахождение с помощью сумматора количества единиц содержащегося в кодовой комбинации. На следующем этапе получаем биномиальный код отбрасыванием единицы справа до появления первого нуля или нуля справа до появления единицы. Например, имея на входе преобразователя равновесную комбинацию 111100 с  $n = 6$ ,  $k = 4$  получим биномиальное число 1111. Если при этих же параметрах имеется равновесная

комбинация 101101, то соответствовать ей будет биномиальная комбинация 10110. Далее полученное биномиальное число преобразовывается в двоичный номер, и он появляется на выходах устройства сжатия.

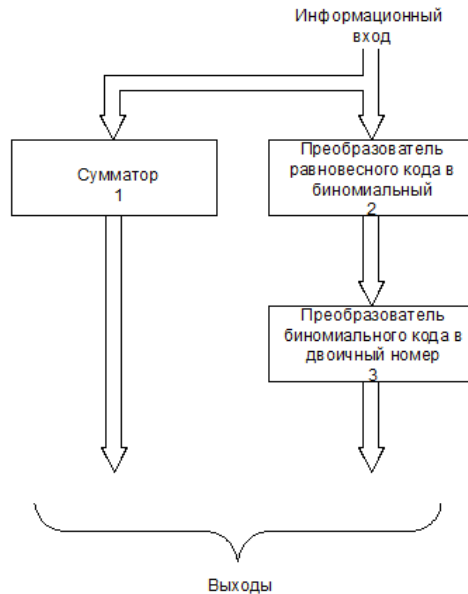


Рисунок 1 – Структурная схема устройства сжатия

Основой предложенного метода сжатия является использование биномиальных чисел. Биномиальным числом называется двоичное число длины  $n$ , в котором количество единиц не превышает некоторого значения  $k$ , а количество нулей до первой единицы не превышает значение  $n - k - 1$  [4]. Общее количество биномиальных кодовых комбинаций определяется сочетанием  $C_n^k$ . Поскольку в результате преобразования каждому биномиальному числу соответствует свой двоичный номер, то длина кодовой комбинации после сжатия в битах будет определяться как

$$m = \log_2 C_n^k. \quad (1)$$

С учетом количества единиц  $k$ , изначально содержащихся в исходной сжимаемой комбинации, общая длина номера после сжатия

$$l_n = m + q, \quad (2)$$

где

$$q = \log_2 n. \quad (3)$$

Зная общую длину кодовой комбинации после преобразования, определим коэффициент сжатия. Он равен отношению длины начальной кодовой комбинации  $l_n$  к длине  $l_n$ :

$$\mu = \frac{l_n}{l_n}. \quad (4)$$

В табл. 1 представлены значения коэффициента сжатия и соответствующего количества тактов работы устройства в зависимости от параметра  $k$  при длине разрядов сжимаемых сообщений равной 32.

Таблица 1 – Зависимость коэффициента сжатия и количества тактов работы устройства от параметра  $k$

Количество единиц	Количество тактов	Коэффициент сжатия
1	32	3,2
2	496	2,285714286
3	4960	1,777777778
4	35960	1,523809524
5	201376	1,391304348
6	906192	1,28
7	3365856	1,185185185
8	10518300	1,103448276
9	28048800	1,066666667
10	64512240	1,032258065
11	1,29E+08	1
12	2,26E+08	0,96969697
13	3,47E+08	0,941176471
14	4,71E+08	0,941176471
15	5,66E+08	0,914285714
16	6,01E+08	0,914285714
17	5,66E+08	0,914285714
18	4,71E+08	0,941176471
19	3,47E+08	0,941176471
20	2,26E+08	0,96969697
21	1,29E+08	1
22	64512240	1,032258065
23	28048800	1,066666667
24	10518300	1,103448276
25	3365856	1,185185185
26	906192	1,28
27	201376	1,391304348
28	35960	1,523809524
29	4960	1,777777778
30	496	2,285714286
31	32	3,2

На рис. 2 представлены графики зависимости коэффициента сжатия от количества единиц  $k$  в кодовых комбинациях различной длины с учетом количества единиц  $q$ . С помощью представленных графиков можно сделать вывод, что коэффициент сжатия возрастает с увеличением длины кодовой комбинации и чем меньше и больше  $k$  по отношению к его среднему значению, тем он больше. Максимальное значение коэффициента сжатия достигается при  $k = 1$  и  $k = n$ , а минимальное при  $k = n/2$ .

На рис. 3 представлен график зависимости количества тактов в устройстве сжатия на биномиальном счетчике от количества единиц  $k$

содержащихся в кодовых комбинациях длиной  $n = 32$ . Из графиков 2 и 3 следует, что при значениях  $k$  близких к  $n/2$  коэффициент сжатия будет минимальным, а количество тактов преобразования будет максимальным.

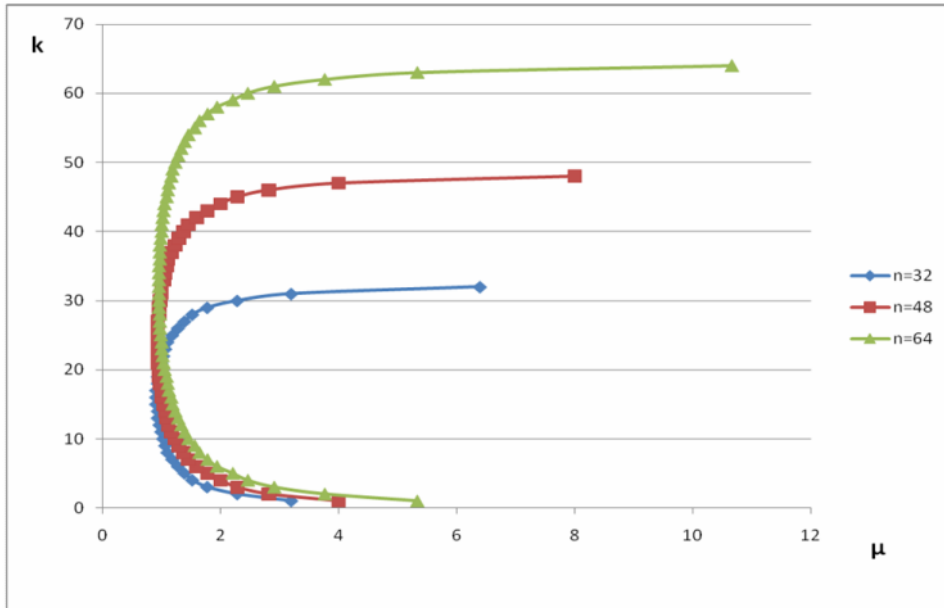


Рисунок 2 - Графики зависимости коэффициента сжатия от количества единиц  $k$

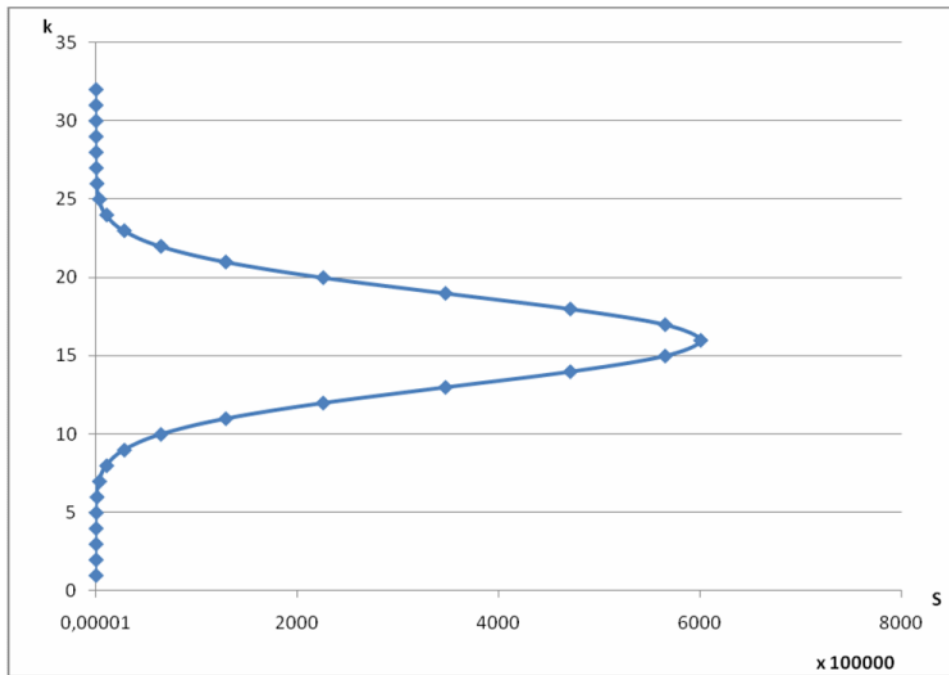


Рисунок 3 - График зависимости количества тактов преобразования в устройстве биномиального сжатия от количества единиц  $k$

Поскольку количество тактов работы биномиального устройства сжатия для каждого  $k$  может изменяться от одного такта до  $r = C_n^k$ , то значение среднего количества тактов

$$S = \sum_{i=1}^r b_i \cdot p_i, \quad (5)$$

где  $b_i = 1, 2, \dots, C_n^k$  - количество тактов работы устройства сжатия;  $p_i$  - вероятность появления соответствующего количества тактов.

При  $p_i = p = 1/r$

$$S = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r b_i. \quad (6)$$

Так как

$$\sum_{i=1}^r b_i = 1 + 2 + \dots + r = \frac{r(r+1)}{2} = \frac{C_n^k(C_n^k + 1)}{2}, \quad (7)$$

то

$$S = \frac{r(r+1)}{2r} = \frac{(r+1)}{2} = \frac{C_n^k + 1}{2}. \quad (8)$$

Используя приведенные формулы, определим средний коэффициент сжатия и среднее количество тактов работы устройства сжатия при длине кодовых комбинаций  $n = 32, 48, 64$ .

При  $n = 32$ , средний коэффициент сжатия

$$\mu_{cp} = 1,52,$$

а среднее количество тактов работы устройства сжатия

$$S_{cp} = 67108864.$$

При  $n = 48$  средний коэффициент сжатия и среднее количество тактов работы устройства будут следующими:

$$\mu_{cp} = 1,56,$$

$$S_{cp} = 2,93 \cdot 10^{12}.$$

При  $n = 64$  получаем такие результаты:

$$\mu_{cp} = 1,68,$$

$$S_{cp} = 1,44 \cdot 10^{17}.$$

### ВЫВОДЫ

На основе оценок, приведенных в статье, видно, что с помощью данного помехоустойчивого устройства сжатия информации на биномиальном счетчике можно получить достаточный коэффициент сжатия с хорошим быстродействием устройства. Анализ полученных

оценок показывает, что при увеличении длины кодовых комбинаций эффективность сжатия повышается, но в тоже время снижается быстродействие. При значении числа единиц  $k$  в сообщениях близком к 1 или  $n$  эффект сжатия достигает наибольшей величины, а при  $k = n / 2$  и близких к нему значениях числа единиц сжатие не происходит вовсе.

*Работа выполнена в рамках бюджетной темы № 0113U000133.*

## SUMMARY

### EVALUATION OF COMPRESSION DEVICES BASED ON THE BINOMIAL ACCOUNTS

**O. Borysenko, O. Ivanchuk, B. Lopatchenko, A. Novgorodsev,**

*Sumy State University,*

*2, Rymsky-Korsakov Str., 40007, Sumy, Ukraine;*

*E-mail: ivanchuk\_aleksey@inbox.ru*

*The article considers the evaluation of the compression device based on the transform binomial numbers into binary numbers. The structural scheme and evaluation of the performance and the compression ratio were presented.*

**Keywords:** *binomial account, equilibrium code, code combination, high-speed performance, compression ratio.*

## РЕЗЮМЕ

### ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИСТРОЮ СТИСНЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ НА ОСНОВІ БІНОМІАЛЬНОЇ ЛІЧБИ

**О. А. Борисенко, О. В. Іванчук, Б. К. Лопатченко, А. І. Новгородцев,**

*Сумський державний університет,*

*Вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007, Україна;*

*E-mail: ivanchuk\_aleksey@inbox.ru*

*У статті розглядається оцінка ефективності біноміального пристрою стиснення двійкової інформації на основі перетворення біноміальних чисел в двійкові номери. Розроблено структурну схему та проведені оцінки швидкодії і коефіцієнта стиску пристрою.*

**Ключові слова:** *біноміальний рахунок, рівноважний код, кодова комбінація, швидкодія, коефіцієнт стиску.*

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Борисенко А. А. Биномиальные автоматы : уч. пособие / А. А. Борисенко. – Сумы : СумГУ, 2005. – 121 с.
2. Иванчук А. В. Счетные алгоритмы преобразования биномиальных чисел в двоичные и обратно А. В. Иванчук // Вісник Сумського державного університету. Технічні науки. – 2012. - № 3. – С. 171-175.
3. Иванчук А. В. Преобразователь биномиальных чисел в двоичные / А. В. Иванчук, В. В. Гриненко, В. Б. Чердиченко // Вісник Сумського державного університету. Технічні науки. – 2013. - №2. – С. 72-76.
4. Борисенко А. А. Дискретна математика : підручник / А. А. Борисенко. – Суми : ВТД «Університетська книга», 2007. – 255 с.

*Поступила в редакцію 4 октября 2013 г.*