

УДК 681.142

МЕТОД КОНТРОЛЯ ДАННЫХ В СИСТЕМЕ ОСТАТОЧНЫХ КЛАССОВ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЗИЦИОННОГО ПРИЗНАКА НЕПОЗИЦИОННОЙ КОДОВОЙ СТРУКТУРЫ

Виктор Краснобаев¹, Сергей Кошман², Алина Янко³

¹ Харьковський національний університет імені В.Н. Каразіна, пл. Свободи, 4, г. Харків, 61022, Україна
krasnobayev@karazin.ua

² Харьковський національний технічний університет сільськогосподарського господарства імені Петра Василенка, ул. Алчевських, 44, г. Харків, 61002, Україна
s_koshman@ukr.net

³ Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, пр. Первомайський, 24, г. Полтава, 36011, Україна
al9_yanko@ukr.net

Рецензент: Сергей Кавун, доктор экономических наук, к.т.н., проф., Харьковский институт банковского дела УБД НБУ, пр. Победы, 55, г. Харьков, 61174, Украина.
kavserg@gmail.com

Поступила в январе 2017

Аннотация. В статье разрабатывается метод контроля данных в системе остаточных классов (СОК), который основан на использовании позиционного признака непозиционной кодовой структуры. Рассмотрены варианты применения предложенного метода контроля данных в СОК, а также примеры конкретного выполнения операции контроля данных в СОК. Приведены данные сравнительного анализа количества оборудования системы контроля в зависимости от величины разрядной сетки компьютерной системы.

Ключевые слова: система остаточных классов, достоверность контроля данных, система передачи и обработки данных, позиционный признак непозиционного кода, непозиционная кодовая структура.

1 Введение

Известно [1], что значительное время контроля данных снижает общую эффективность применения непозиционных кодовых структур (НКС) в системе остаточных классов (СОК), при реализации целочисленных арифметических модульных операций. Существующие методы оперативного контроля компонентов компьютерной системы обработки целочисленных данных (ККС) позволяют существенно снизить время контроля, однако при этом возникла задача повышения достоверности этого контроля [2-4]. Таким образом, актуальны исследования, посвященные решению задачи повышения достоверности контроля данных в СОК. Цель статьи – разработка метода повышения достоверности контроля данных в ККС, функционирующей в СОК.

2 Основная часть

Известный метод оперативного контроля данных в СОК основан на получении и использовании так называемого позиционного признака непозиционного кода (ППНК). Данный ППНК является одной из характеристик контролируемой НКС $A = (a_1, a_2, \dots, a_{i-1}, a_i, a_{i+1}, \dots, a_n, a_{n+1})$, представленной в СОК основаниями $\{m_i\}$, $(i = 1, n+1)$, с одним контрольным a_{n+1} остатком по контрольному основанию (модулю) m_{n+1} , при этом

$M = \prod_{i=1}^n m_i$; $M_0 = \prod_{i=1}^{n+1} m_i$. Контроль НКС вида $A = (a_1, a_2, \dots, a_{i-1}, a_i, a_{i+1}, \dots, a_n, a_{n+1})$ осу-

ществляется на основе использования ППНК, который в свою очередь определяется на основе специального кода (СК). В общем виде структура СК

$$K_N^{(n_A)} = \{Z_{N-1}^{(A)} Z_{N-1}^{(A)} \dots Z_1^{(A)} Z_0^{(A)}\} \quad (1)$$

представляет собой последовательность двоичных $Z_K^{(A)}$ ($K = \overline{0, N-1}$) разрядов, состоящую из единиц и только одного нуля, находящегося на n_A -м месте (считая справа, от разряда $Z_0^{(A)}$, налево, до разряда $Z_{N-1}^{(A)}$). Параметр n_A является ППНК непозиционной кодовой структуры $A = (a_1, a_2, \dots, a_{i-1}, a_i, a_{i+1}, \dots, a_n, a_{n+1})$ данных, представленных в СОК. Математически параметр n_A представляет собой натуральное число, которое определяет местоположение нулевого двоичного разряда $Z_{n_A}^{(A)} = 0$ в записи СК $K_N^{(n_A)}$. Он определяет номер j_i числового $[j_i \cdot m_i, (j_i + 1) \cdot m_i)$ интервала нахождения числа A , т.е. значение n_A с определенной W точностью, которая зависит от значения величины модуля m_i СОК, определяет местоположение числа $A = (a_1, a_2, \dots, a_{i-1}, a_i, a_{i+1}, \dots, a_n, a_{n+1})$ на числовой оси $0 \div M_0$. Рассмотрим, процедуру формирования СК $K_N^{(n_A)}$. Для выбранного основания m_i СОК (правила выбора основания m_i СОК будет изложено ниже) по значению остатка a_i числа $A = (a_1, a_2, \dots, a_{i-1}, a_i, a_{i+1}, \dots, a_n, a_{n+1})$ в блоке констант нулевизации (БКН) ККС определяется константа вида $KH_{m_i}^{(A)} = (a'_1, a'_2, \dots, a'_{i-1}, a_i, a'_{i+1}, \dots, a'_{n+1})$. Далее, посредством выбранной константы $KH_{m_i}^{(A)}$ нулевизации осуществляется операция вычитания

$$\begin{aligned} A_{m_i} &= A - KH_{m_i}^{(A)} = (a_1, a_2, \dots, a_{i-1}, a_i, a_{i+1}, \dots, a_n, a_{n+1}) - (a'_1, a'_2, \dots, a'_{i-1}, a_i, a'_{i+1}, \dots, a'_{n+1}) = \\ &= [a_1^{(1)}, a_2^{(1)}, \dots, a_{i-1}^{(1)}, 0, a_{i+1}^{(1)}, \dots, a_n^{(1)}, a_{n+1}^{(1)}]. \end{aligned}$$

Эта операция соответствует процессу смещению контролируемого числа $A = (a_1, a_2, \dots, a_{i-1}, a_i, a_{i+1}, \dots, a_n, a_{n+1})$ на левый край интервала $[j_i \cdot m_i, (j_i + 1) \cdot m_i)$ его первоначального (исходного) нахождения. В этом случае $A_{m_i} = j_i \cdot m_i$, т.е. число A_{m_i} кратно значению модуля m_i СОК. Известно, что правильность числа A в СОК определяется его нахождением или нет в числовом информационном $[0, M)$ интервале. Если число A находится вне этого интервала ($A \geq M$), то оно считается искаженным (неправильным). В этом случае по значению n_A необходимо произвести контроль правильности или нет исходного числа A путем определения факта попадания или непопадания исходного числа A в интервал $[0, M)$. Чтобы определить факт нахождения числа в информационном $[0, M)$ числовом интервале необходимо провести совокупность операций вида

$$A_{m_i} - K_A \cdot m_i = Z_{K_A}^{(A)}. \quad (2)$$

Операции (2) проводятся одновременно и параллельно во времени посредством совокупности из N констант $K_A \cdot m_i$ вида ($K_A = \overline{0, N-1}$):

$$\begin{cases} A_{m_i} - 0 \cdot m_i = Z_0^{(A)}, \\ A_{m_i} - 1 \cdot m_i = Z_1^{(A)}, \\ A_{m_i} - 2 \cdot m_i = Z_2^{(A)}, \\ \dots \\ A_{m_i} - (N_i - 2) \cdot m_i = Z_{N-2}^{(A)}, \\ A_{m_i} - (N_i - 1) \cdot m_i = Z_{N-1}^{(A)}, \end{cases} \quad (3)$$

где $N_i = \prod_{\substack{K=1; \\ K \neq i.}}^{n+1} m_K$.

В этом случае СК представится в виде (1), а метод формирования ППНК n_A в СОК представлен на рис. 1.

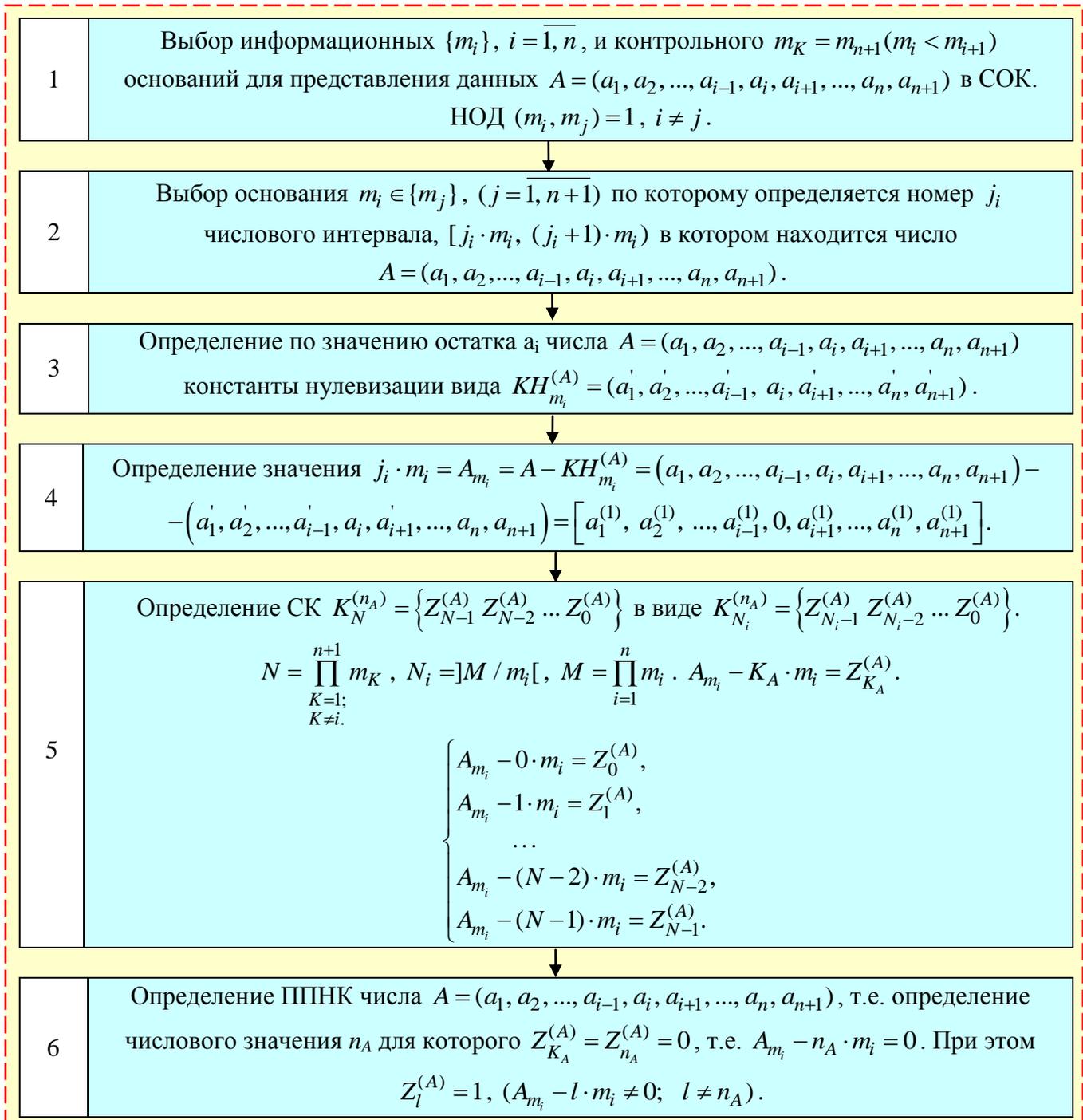


Рис. 1 – Метод формирования ППНК в СОК

В совокупности (3) аналитических соотношений существует единственное значение n_A из (2) для которого $Z_{K_A}^{(A)} = Z_{n_A}^{(A)} = 0$ ($K_A = n_A$), т.е. $A_{m_i} - n_A \cdot m_i = 0$. Остальные значения (2) равны $Z_l^{(A)} = 1$ ($A_{m_i} - l \cdot m_i \neq 0$; $l \neq n_A$). В общем случае количество двоичных разрядов в

записи СК $K_N^{(n_A)}$ равно значению N . Однако отметим, что для определения только факта искажения числа A нет необходимости иметь и анализировать всю последовательность из N совокупности значений $Z_{K_A}^{(A)}$ СК $K_N^{(n_A)}$. Для этого достаточно иметь СК $K_{N_i}^{(n_A)}$ длиной всего $N_i = \lceil M / m_i \rceil$ двоичных разрядов (где значение $\lceil M / m_i \rceil$ обозначает целую часть числа M / m_i , его не меньшую, т.е. производится округление числа M / m_i до ближайшего целого в большую сторону).

Этот факт объясняется следующим образом. При проведении процедуры контроля, для установления факта правильности или нет числа $A = (a_1, a_2, \dots, a_{i-1}, a_i, a_{i+1}, \dots, a_n, a_{n+1})$, нет необходимости анализировать все числовые интервалы $[j_i \cdot m_i, (j_i + 1) \cdot m_i)$, где находится искажённое число, расположенное вне информационного числового интервала $[0, M)$. В этом случае для установления только факта правильности (или нет) числа A , определение номеров и анализ местоположения этих интервалов $[j_i \cdot m_i, (j_i + 1) \cdot m_i)$ не имеют никакого значения. Для контроля НКС A в СОК достаточно знать местоположение нуля в записи (1) СК (знать численное значение n_A) только в числовых интервалах $[j_i \cdot m_i, (j_i + 1) \cdot m_i)$, лежащих в информационном числовом интервале $0 \div M$, и в первом, находящемся после значения M , интервале, расположенном на отрезке $0 \div M_0$ (Рис. 2). Для контроля данных $A = (a_1, a_2, \dots, a_{i-1}, a_i, a_{i+1}, \dots, a_n, a_{n+1})$ достаточно знать СК $K_{N_i}^{(n_A)}$ длиной всего $N_i = \lceil M / m_i \rceil$ двоичных разрядов.

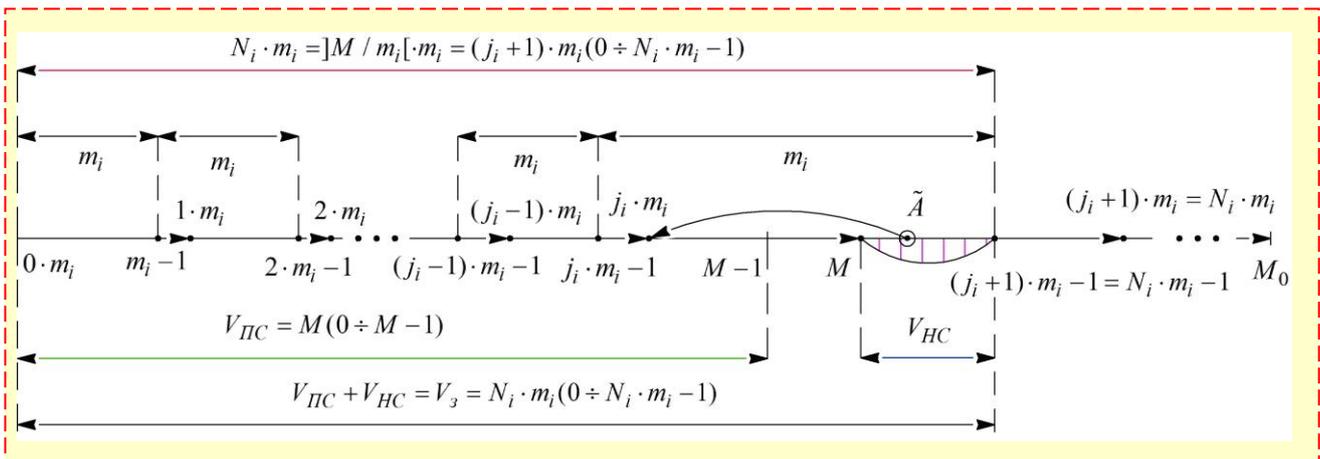


Рис. 2 – Схема контроля данных в СОК для произвольного значения модуля m_i

Таким образом, суть метода контроля данных в СОК состоит в следующем (см. Рис. 3). Для контролируемой НКС $A = (a_1, a_2, \dots, a_{i-1}, a_i, a_{i+1}, \dots, a_n, a_{n+1})$, представленной в СОК, определяется ППНК n_A путем формирования СК $K_{N_i}^{(n_A)} = \{Z_{N_i-1}^{(A)} Z_{N_i-2}^{(A)} \dots Z_1^{(A)} Z_0^{(A)}\}$ в виде последовательности из N_i двоичных разрядов. Выбор основания m_i СОК производится специальным образом, в соответствии с определенными критериями.

Исходя из значения остатка a_i числа $A = (a_1, a_2, \dots, a_{i-1}, a_i, a_{i+1}, \dots, a_n, a_{n+1})$, выбирается константа нулевизации вида $KH_{m_i}^{(A)} = (a'_1, a'_2, \dots, a'_{i-1}, a_i, a'_{i+1}, \dots, a'_n, a'_{n+1})$. Далее проводится реализация операции $A_{m_i} = A - KH_{m_i}^{(A)}$. Используя N_i констант $K_A \cdot m_i$ ($K_A = \overline{0, N_i - 1}$), одновременно проводятся операции вычитания $A_{m_i} - K_A \cdot m_i$, в результате которых образуется значение двоичных разрядов $Z_{K_A}^{(A)}$, т.е. формируется СК $K_{N_i}^{(n_A)}$. Значение ППНК n_A опреде-

ляется из равенства $A_{m_i} - n_A \cdot m_i = 0$.



Рис. 3 – Метод контроля данных в СОК

Процедура контроля числа A состоит в следующем. Если $n_A > N_i$, то считается что число A – неправильное число. В противоположном случае ($n_A \leq N_i$) число A – правильное.

Рассмотрим примеры реализации метода контроля для конкретной СОК, которая задана основаниями $m_1 = 3, m_2 = 4, m_3 = 5, m_4 = 7$ и $m_k = m_{n+1} = m_5 = 11$. Данная СОК обеспечивает обработку данных в однобайтовой ($l = 1$) разрядной сетке СПОД. При этом $M = \prod_{i=1}^4 m_i = 420, M_0 = M \cdot m_{n+1} = 4620$. Кроме этого будем считать, что $m_i = 11$. В этом случае $N_i = N_{n+1} = \lfloor M / m_i \rfloor = \lfloor M / m_{n+1} \rfloor = \lfloor 420 / 11 \rfloor = \lfloor 38,18 \rfloor = 39$.

В табл. 1 приведено содержимое БКН СПОД относительно основания $m_k = m_{n+1} = 11$.

Таблица 1 – Константы $KH_{m_{n+1}}^{(A)}$ нулевизации

Остаток $a_k = a_{n+1}$	Константы нулевизации				
	$m_1 = 3$	$m_2 = 4$	$m_3 = 5$	$m_4 = 7$	$m_k = m_5 = 11$
	a'_1	a'_2	a'_3	a'_4	a_5
0000	00	00	000	000	0000
0001	01	01	001	001	0001
0010	10	10	010	010	0010
0011	00	11	011	011	0011
0100	01	00	100	100	0100
0101	10	01	000	101	0101
0110	00	10	001	110	0110
0111	01	11	010	000	0111
1000	10	00	011	001	1000
1001	00	01	100	010	1001
1010	01	10	000	011	1010

Пример 1. Провести контроль данных, представленных в виде $A = (01, 00, 000, 010, 0001)$ при $m_k = m_{n+1} = m_5 = 11$. По значению остатка $a_k = a_{n+1} = a_5 = 0001$ числа A в БКН (Табл. 1) выбирается константа $KH_{m_{n+1}}^{(A)} = (01, 01, 001, 001, 0001)$ нулевизации. Далее определяем $A_{m_{n+1}} = A - KH_{m_{n+1}}^{(A)} = (00, 11, 100, 001, 0000)$. Посредством реализации соотношения (3) форми-

руем СК вида $K_{N_i}^{(n_A)} = K_{39}^{(9)} = \{11...11011111111\}$. Исходя из вида СК и используя выражение $A_{m_{n+1}} - n_A \cdot m_{n+1} = 0$, определяем, что $n_A = 9$ ($A_{m_{n+1}} - n_A \cdot m_{n+1} = 99 - 9 \cdot 11 = 0$), т.е. $Z_{n_A}^{(A)} = Z_9^{(A)}$. Так, как $N_i = 39 > n_A = 9$, то ошибки нет. Проверка: $A = 100 < M = 420$ (число A правильное).

Пример 2. Провести контроль данных $A = (00, 01, 000, 010, 1010)$. По значению $a_5 = 1010$ в БКН (Табл. 1) выбирается константа вида $KH_{m_{n+1}}^{(A)} = (01, 10, 000, 011, 1010)$. Получим, что $A_{m_{n+1}} = A - KH_{m_{n+1}}^{(A)} = (10, 00, 000, 110, 0000)$. Так как $A_{m_{n+1}} - n_A \cdot m_{n+1} = 440 - 44 \cdot 11 = 0$, то СК имеет вид $K_{N_i}^{(n_A)} = K_{39}^{(40)} = \{11...11...11\}$ и $n_A = 40$. Так как $N_i = 39 < n_A = 40$, то ошибка в данных присутствует. Проверка: $A = 450 > M = 420$ (число A неправильное).

Пример 3. Провести контроль данных $A = (01, 11, 010, 000, 1001)$. По значению $a_5 = 1001$ в БКН (Табл. 1) выбирается константа $KH_{m_{n+1}}^{(A)} = (00, 01, 100, 010, 1001)$. Определим что $A_{m_{n+1}} = A - KH_{m_{n+1}}^{(A)} = (01, 10, 011, 101, 0000)$. Так как $A_{m_{n+1}} - n_A \cdot m_{n+1} = 418 - 38 \cdot 11 = 0$, то СК имеет вид $K_{N_i}^{(n_A)} = K_{39}^{(38)} = \{011...11...11\}$ и $n_A = 38$. Исходя из того, что $n_A = 38 < N_i = 39$ делается вывод: число A правильное (не искажено). Однако проверка показывает, что $A = 427 > M = 420$, т.е. A неправильное число (Рис. 4). В этом случае при контроле данных допущена ошибка.

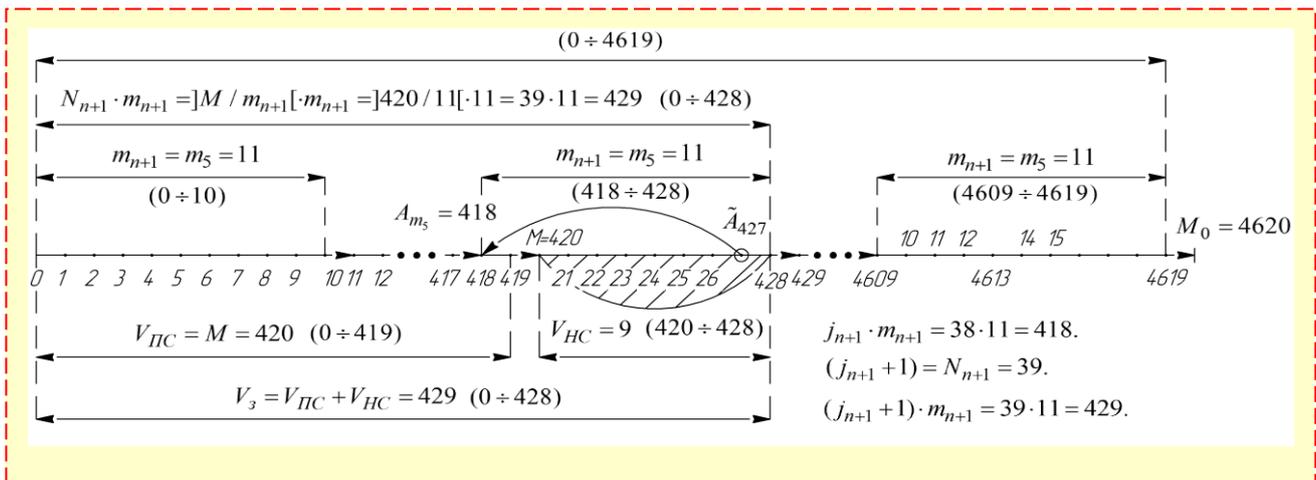


Рис. 4 – Схема контроля данных в СОК для $m_i = 11$

Из примера №3 следует, что применение рассмотренного метода для оперативного контроля данных в СОК не во всех случаях обеспечивает достоверный результат контроля. Действительно, существует совокупность $(j_{n+1} + 1) \cdot m_{n+1} - M$ неправильных \tilde{A} чисел, которые определяются системой контроля (СКН) ККС как правильные, что обуславливает низкую достоверность контроля. Для примера №3, таких чисел будет более 80% (Табл. 2).

Таблица 2 – Совокупность кодовых слов

Числовой диапазон [418, 429)	
Правильные числа A	Совокупность неправильных \tilde{A} чисел, которые определяются системой контроля СПОД как правильные
418, 419	420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428

Таким образом, очевидно, что рассмотренный метод оперативного контроля данных в СОК обеспечивает низкую достоверность контроля [2]. Низкая достоверность контроля данных вызвана наличием ненулевого значения α остатка в выражении

$$\alpha = M_{n+1} / m_{n+1} - [M_{n+1} / m_{n+1}] = M / m_{n+1} - [M / m_{n+1}]. \quad (4)$$

В свою очередь наличие ненулевого $\alpha \neq 0$ остатка определяется фактом не кратности значения M контрольному модулю m_{n+1} СОК, который определяет величину числового интервала $[j_{n+1} \cdot m_{n+1}, (j_{n+1} + 1) \cdot m_{n+1})$ возможного нахождения числа A . В этом случае контроль данных $A = (a_1, a_2, \dots, a_{i-1}, a_i, a_{i+1}, \dots, a_n, a_{n+1})$ осуществляется на основе использования контрольного m_{n+1} основания СОК, путем формирования СК

$$K_{N_{n+1}}^{(n_A)} = \{Z_{N_{n+1}-1}^{(A)} Z_{N_{n+1}-2}^{(A)} \dots Z_0^{(A)}\}. \quad (5)$$

Геометрически низкую достоверность контроля данных можно пояснить следующим образом (Рис. 2). Числовой информационный интервал $[0, M = \prod_{i=1}^n m_i)$ не вмещает целое число отрезков длиной равных значению $m_i = m_{n+1}$. В этом случае на числовой оси $0 \div M_0$ существует числовой интервал $[j_{n+1} \cdot m_{n+1}, (j_{n+1} + 1) \cdot m_{n+1})$ (или $[(N_{n+1} - 1) \cdot m_{n+1}, N_{n+1} \cdot m_{n+1})$ внутри которого находится число M . Поэтому в данном интервале одновременно находится совокупность $(j_{n+1} + 1) \cdot m_{n+1} - M$ неправильных чисел (или $N_{n+1} \cdot m_{n+1} - M$) и совокупность $M - j_{n+1} \cdot m_{n+1}$ правильных чисел (или $M - (N_{n+1} - 1) \cdot m_{n+1}$). В процессе контроля данных A , при проведении процедуры нулевизации, все, как неправильные $(j_{n+1} + 1) \cdot m_{n+1} - M$, так и правильные $M - j_{n+1} \cdot m_{n+1}$ числа, смещаются на левый край (к одному правильному числу $j_{n+1} \cdot m_{n+1}$) интервала $[j_{n+1} \cdot m_{n+1}, (j_{n+1} + 1) \cdot m_{n+1})$. В этом случае СКН ККС будет идентифицировать (определять) неправильные $[N_{n+1} \cdot m_{n+1} - M]$ числа как правильные.

Под достоверностью контроля данных в СОК будем понимать вероятность получения истинного результата операции контроля данных. В качестве показателя для количественной оценки достоверностью контроля данных в СОК можно воспользоваться соотношением

$$P_{\text{дк}} = V_{\text{ПС}} / V_{\text{ОС}}, \quad (6)$$

где в общем случае: $V_{\text{ПС}} = M -$ количество (от 0 до $M \div 1$) правильных ($A < M$), лежащих в рабочем числовом $[0, M_0)$ диапазоне, кодовых слов для данной СОК; $V_{\text{ОС}} = (V_{\text{ПС}} + V_{\text{НС}}) -$ общее количество кодовых слов, которые в результате проведения контроля данных считаются правильными; $V_{\text{НС}} = (N_i \cdot m_i - M) -$ количество неправильных ($A \geq M$) кодовых слов, которые в результате проведения контроля данных считаются правильными (отметим, что $N_i =]M / m_i[= j_i + 1$).

С учетом вышеизложенного, показатель достоверности (6) определяется соотношением

$$P_{\text{дк}} = \frac{M}{M + N_i \cdot m_i - M} = \frac{M}{N_i \cdot m_i}. \quad (7)$$

При равенстве $m_i = m_{n+1}$ имеем, что $V_{\text{НС}} = (N_{n+1} \cdot m_{n+1} - M)$. Если $m_i = m_{n+1}$ то выражение (7) примет вид

$$P_{\text{дк}} = \frac{M}{M + N_{n+1} \cdot m_{n+1} - M} = \frac{M}{N_{n+1} \cdot m_{n+1}}. \quad (8)$$

Так, как заведомо $N_{n+1} \cdot m_{n+1} > M$ (см. (4), рис. 2, 4), то в этом случае всегда $P_{\text{дк}} < 1$.

Если в качестве основания m_i , определяющего величины числовых $j_i \cdot m_i \div (j_i + 1) \cdot m_i$ интервалов, возьмём информационное основание СОК, например, $m_i = m_1$, тогда $N_i =]M / m_i[= N_1 =]M / m_1[$ и $N_1 = \prod_{i=2}^n m_i$. В этом случае, выражение (7) примет вид

$$P_{ок} = \frac{M}{M + N_1 \cdot m_1 - M} = \frac{M}{N_1 \cdot m_1} = 1. \tag{9}$$

В этом случае получим, что (см. выражение (4)) всегда $D = 1$, т.е., при $m_i = m_1$, СКН ККС всегда обеспечивает достоверный результат контроля данных в СОК.

Предлагаемый метод повышения достоверности контроля основан на известном методе оперативного контроля информации в СОК, который, в свою очередь, состоит из процедур получения и использования ППНК [2].

Суть предлагаемого метода повышения достоверности контроля данных в СОК состоит в обеспечении максимальной $P_{ок} = 1$ достоверности контроля данных, путем обеспечения выполнения условия $\alpha = 0$ (см. выражение (4)). В этом случае для вычисления значения $N_i =]M / m_i[$ выбирается модуль m_i , определяющий номер j_i числового интервала $[j_i \cdot m_i, (j_i + 1) \cdot m_i)$ нахождения числа $A = (a_1, a_2, \dots, a_{i-1}, a_i, a_{i+1}, \dots, a_n, a_{n+1})$, только из совокупности n информационных модулей СОК, которые, естественно, кратны значению M . В этом случае $\alpha = M - [M / m_i] \cdot m_i = 0$, что и обеспечивает максимальное значение показателя достоверности контроля $P_{ок} = 1$ (см. выражение (7)).

Приведем пример применения разработанного метода для повышения достоверности контроля данных в СОК.

Пример 4. Из вышеприведенной СОК выбираем, например, информационное основание $m_i = m_1 = 3$ (Рис. 5). При этом $N_i = N_1 = M / m_1 = 4 \cdot 5 \cdot 7 = 140$. В этом случае рабочий числовой $[0, M_0)$ диапазон СОК разбивается на интервалы $[j_1 \cdot m_1, (j_1 + 1) \cdot m_1)$. Для значения $m_1 = 3$ информационный числовой интервал $[0, M)$ разбивается точно на $N_1 = M / m_1 = 140$ отрезков длиной три единицы каждый (см. Рис. 5). В таблице 3 приведено содержимое БКН относительно основания $m_1 = 3$.

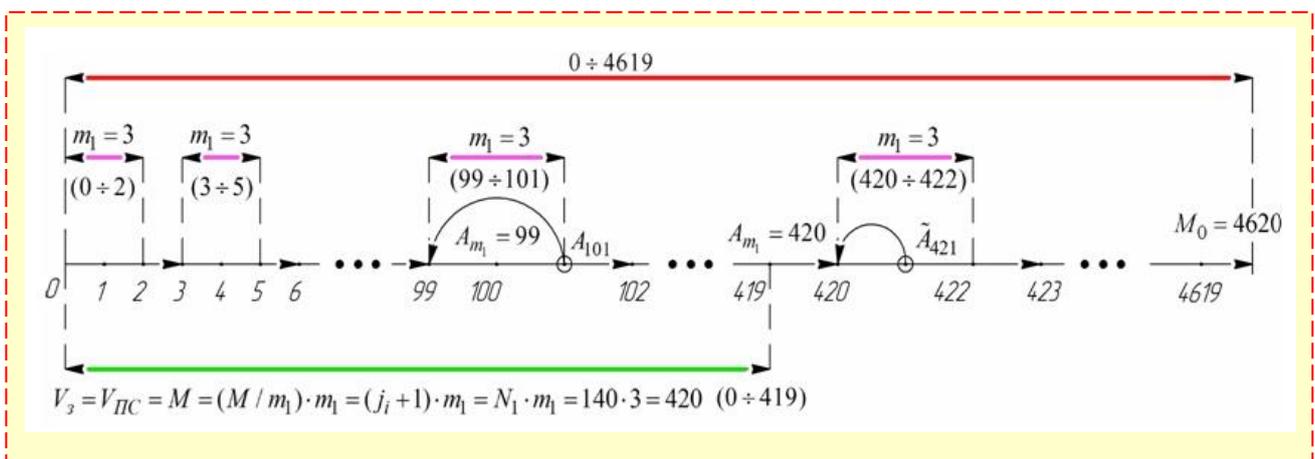


Рис. 5 – Схема контроля данных в СОК для $m_i = 3$

Пусть необходимо провести контроль числа $A = (01, 11, 010, 000, 1001)$. По значению $a_1 = 01$ в БКН (Табл. 3) выбираем константу нулевизации вида $KH_{m_1}^{(A)} = (01, 01, 001, 001, 0001)$.

Таблица 3 – Содержимое БКН для $m_1 = 3$

a_i	Константы				
	$m_1 = 3$	$m_2 = 4$	$m_3 = 5$	$m_4 = 7$	$m_5 = 11$
00	00	00	000	000	0000
01	01	01	001	001	0001
10	10	10	010	010	0010

Далее определяем $A_{m_1} = A - KH_{m_1}^{(A)} = (00, 10, 001, 110, 1000)$.

Если $A_{m_1} - n_A \cdot m_1 = 426 - 142 \cdot 3 = 0$, то СК имеет следующий вид:

$$K_{N_i}^{(n_A)} = K_{140}^{(142)} = \{Z_{139}^{(A)} Z_{138}^{(A)} \dots Z_1^{(A)} Z_0^{(A)}\} = \{11\dots 11\dots 11\}.$$

Так как $N_i = 140 < n_A = 142$, то есть ошибка в числе A .

Проверка: $A = 427 > M = 420$. Число $A > M$, т.е. оно неправильное (искажено).

В таблице 4 приведены результаты расчета и сравнительного анализа достоверности контроля данных для различных значений контрольного основания m_{n+1} СОК, которая задана информационными основаниями $m_1 = 3$, $m_2 = 4$, $m_3 = 5$ и $m_4 = 7$.

Таблица 4 – Результат расчёта значений D_i и D_{n+1} достоверности контроля в СОК

№ п.п.	m_{n+1}	M	M / m_{n+1}	$]M / m_{n+1}[$	$N_{n+1} =]M / m_{n+1}[\cdot m_{n+1}$	D_{n+1}	$D_i,$ $i = \overline{1, n}$	Выигрыш в [%]
1	11	420	38,2	39	429	0,979	1	2,1
2	13	420	32,3	33	429	0,979	1	2,1
3	17	420	24,7	25	425	0,988	1	1,2
4	19	420	22,1	23	437	0,961	1	3,9
5	23	420	18,2	19	437	0,961	1	3,9
6	29	420	14,4	15	435	0,965	1	3,5

Кроме оперативности контроля данных важной характеристикой ККС является количество оборудования системы контроля. Отметим, что в СОК количество оборудования СКН в основном зависит от количества сумматоров, реализующих операции вида (3).

Таким образом, количество оборудования СКН зависит от величины значения

$$N_i = \prod_{\substack{K=1; \\ K \neq i}}^{n+1} m_K \quad (i = \overline{1, n}).$$

В этом случае, с учетом требования $\alpha = 0$ и требования не снижения оперативности контроля, для минимизации количества оборудования СКН в СОК необходимо выбрать максимальный по величине информационный модуль. Для упорядоченной ($m_i < m_{i+1}$) СОК это будет основание m_n .

Предварительная оценка количества оборудования для l - байтовой разрядной сетки представления машинного слова ККС может быть проведена посредством значения коэффициента эффективности представленного в виде:

$$K_{эф}^{(l)} = \frac{N_1}{N_n} = \frac{M / m_1}{M / m_n} = \frac{m_n}{m_1}.$$

Приведём пример контроля данных в СОК для значения $m_i = m_n$.

Пример 5. Максимальным из информационных оснований для вышеприведенной СОК является $m_n = m_4 = 7$. При этом $N_i = N_4 = M / m_4 = 3 \cdot 4 \cdot 5 = 60$. Рабочий числовой $[0, M_0)$ диапазон разбивается на интервалы $[j_4 \cdot m_4, (j_4 + 1) \cdot m_4)$, т.е. на $M_0 / m_4 = 4620 / 7 = 660$ отрезков. Для значения $m_4 = 7$ информационный $[0, M)$ интервал разбивается на $N_4 = M / m_4 = 60$ числовых отрезков длиной семь единиц (см. Рис. 6). В таблице 5 приведено содержимое БКН ККС относительно основания $m_4 = 7$.

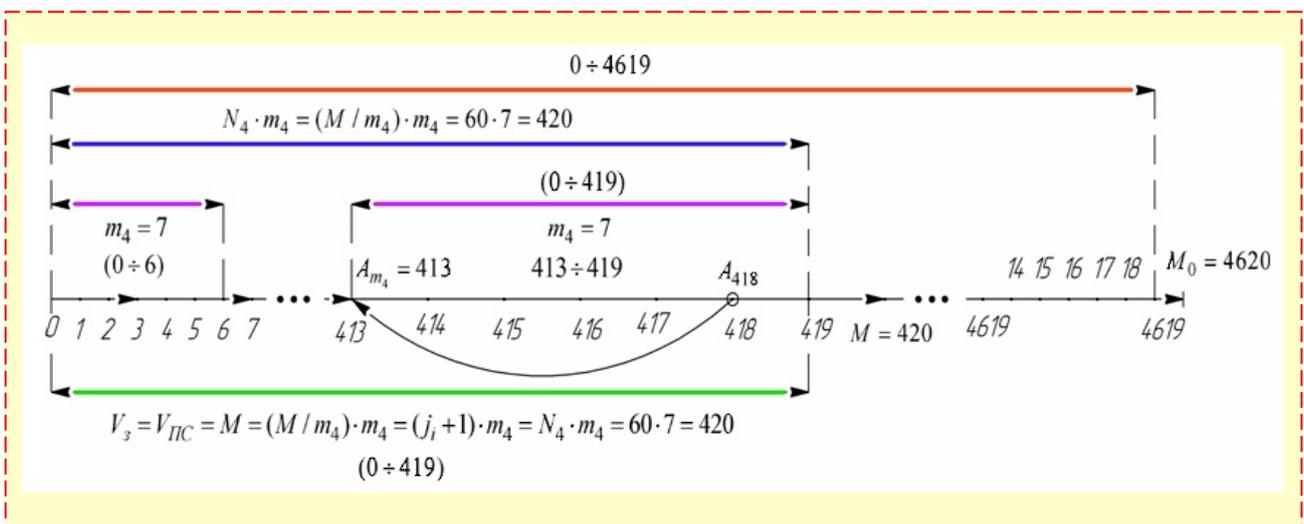


Рис. 6 – Схема контроля данных в СОК для $m_i = 7$

Таблица 5 – Содержимое БКН для $m_4 = 7$

a_4	Константы				
	$m_1 = 3$	$m_2 = 4$	$m_3 = 5$	$m_4 = 7$	$m_5 = 11$
000	00	00	000	0000	0000
001	01	01	001	001	0001
010	10	10	010	010	0010
011	00	11	011	011	0011
100	01	00	100	100	0100
101	10	01	000	101	0101
110	11	10	001	110	0110

Пусть необходимо провести контроль числа $A = (01, 11, 010, 000, 1001)$. По значению $a_4 = 000$ в БКН (Табл. 4) выбираем константу $KH_{m_n}^{(A)} = KH_7^{(A)} = (00, 00, 000, 000, 0000)$. Далее определяем значение $A_{m_n} = A_7 = A - KH_7^{(A)} = (01, 11, 010, 000, 1001)$. Посредством реализации соотношений (2) формируем СК вида $K_{N_4}^{(n_A)} = K_{60}^{(61)} = \{Z_{59}^{(A)} Z_{58}^{(A)} \dots Z_1^{(A)} Z_0^{(A)}\} = \{11\dots 11\dots 11\}$. Исходя из вида СК и используя выражение $A_{m_n} - n_A \cdot m_n = 0$, определяем, что $n_A = 61$ ($A_{m_n} - n_A \cdot m_n = 427 - 61 \cdot 7 = 0$). Т.к. $N_4 = 60 < n_A = 61$, то ошибка в данных A присутствует.

Проверка: $A = 427 > M = 420$.

В таблице 6 приведены расчетные данные условного количества оборудования системы контроля ККС, функционирующей в СОК, и данные сравнительного анализа сокращения количества оборудования СКН для $m_i = m_n$.

Таблица 6 – Сравнительные данные количества оборудования системы контроля СПОД

Разрядная сетка l - байтовой СПОД (ρ, n, k)	Информационные основания СОК m_i ($i = \overline{1, n}$)	Контроль- ное m_{n+1} основание СОК	Минимальное информаци- онное m_1 основание СОК	Максимальное ин- формационное m_n основание СОК	$K_{эфф}^{(l)}$
$l = 1$ ($\rho = 8, n = 4,$ $k = 3$)	$m_1 = 3, m_2 = 4,$ $m_3 = 5, m_4 = 7$	$m_5 = 11$	$m_1 = 3$	$m_4 = 7$	2,3
$l = 2$ ($\rho = 16, n = 6,$ $k = 4$)	$m_1 = 2, m_2 = 5,$ $m_3 = 7, m_4 = 9,$ $m_5 = 11, m_6 = 13$	$m_7 = 17$	$m_1 = 2$	$m_6 = 13$	6,5
$l = 3$ ($\rho = 24, n = 8,$ $k = 5$)	$m_1 = 3, m_2 = 4,$ $m_3 = 5, m_4 = 7,$ $m_5 = 11, m_6 = 13,$ $m_7 = 17, m_8 = 19$	$m_9 = 23$	$m_1 = 3$	$m_8 = 19$	6,3
$l = 4$ ($\rho = 32, n = 10,$ $k = 5$)	$m_1 = 2, m_2 = 3,$ $m_3 = 5, m_4 = 7,$ $m_4 = 11, m_5 = 13,$ $m_6 = 17, m_7 = 19,$ $m_9 = 23, m_{10} = 29$	$m_{11} = 31$	$m_1 = 2$	$m_{10} = 29$	14,5
$l = 8$ ($\rho = 64, n = 16,$ $k = 6$)	$m_1 = 3, m_2 = 4,$ $m_3 = 5, m_4 = 7,$ $m_5 = 11, m_6 = 13,$ $m_7 = 17, m_8 = 19,$ $m_9 = 23, m_{10} = 29,$ $m_{11} = 31, m_{12} = 37,$ $m_{13} = 41, m_{14} = 43,$ $m_{15} = 47, m_{16} = 53$	$m_{17} = 59$	$m_1 = 3$	$m_{16} = 53$	17,6

3 Выводы

В данной работе рассмотрен метод повышения достоверности контроля данных в СОК. Представленный метод основан на использовании ППНК n_A , который является одной из характеристик СК. Использование данного метода обеспечивает выбор значения модуля m_i , которое определяет номер числового интервала нахождения НКС, из всей совокупности n возможных информационных оснований СОК. Применение рассмотренного метода обеспечивает получение достоверного результата контроля данных в СОК.

Ссылки

- [1] Akushskii I. Ya. Mashinnaya arifmetika v ostatochnykh klassakh / I. Ya. Akushskii, D. I. Yuditskii. – Moskva: Sovetskoe radio, 1968. – 440 s.
- [2] Moroz S. A. Metody kontrolya, diagnostiki i korreksii oshibok dannykh v informatsionno–telekommunikatsionnoi sisteme, funktsioniruyushchei v klasse vychetov / S. A. Moroz, V. A. Krasnobaev // Informacijno–kerujuchi systemy na zaliznychnomu transporti. – 2012. – № 2. – S. 60–78.
- [3] Karpenko O. Discrete Signals with Multi – Level Correlation Function / O. Karpenko, A. Kuznetsov, V. Sai, Yu. Stasev // Telecommunications and Radio Engineering. – 2012. – Vol.71. – Issue 1. – P. 91–98.
- [4] Stasev Yu.V. Formation of pseudorandom sequences with improved autocorrelation properties / Yu.V. Stasev, A.A. Kuznetsov, A.M. Nosik // Cybernetics and Systems Analysis. – 2007. – Vol.43. – Issue 1. – P. 1–11.

Reviewer: Sergii Kavun, Doctor of Sciences (Economics), Ph.D. (Engineering), Full Prof., Kharkiv Educational and Research Institute of the University of Banking, Kharkiv, Ukraine. E-mail: kavserg@gmail.com

Received: January 2017.

Authors:

Viktor Krasnobayev, Doctor of Sciences (Engineering), Full Prof., V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkov, Ukraine.

E-mail: krasnobayev@karazin.ua.

Sergey Koshman, Ph.D., Associate Prof., Kharkov National Technical University of Agriculture named after Peter Vasylenko, Kharkov, Ukraine. E-mail: s_koshman@ukr.net.

Alina Yanko, PhD stud., The Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Poltava, Ukraine. E-mail: al9_yanko@ukr.net.

The method of a data control in the residual system classes based on use of positional attribute of non-positional code structure.

Abstract. The method of a data control in the residue number system (RNS) are developed in the article, which is based on the use of positional attribute of non-positional code structure. The using variants of the proposed method of data control in the RNS were considered, as well as specific examples of the operation monitoring data in the CRS. The data of comparative analysis of data control amount equipment depending on the word length of the computer system were given.

Keywords: residue number system, the accuracy of the data control, communication data processing system, position indication nonpositional code, nonpositional code structure.

Рецензент: Сергій Кавун, доктор економічних наук, к.т.н., проф., Харківський інститут банківської справи УБС НБУ, Харків, Україна. E-mail: kavserg@gmail.com

Надійшло: Січень 2017.

Автори:

Віктор Краснобаєв, д.т.н. проф., ХНУ імені В. Н. Каразіна, Харків, Україна. E-mail: krasnobayev@karazin.ua

Сергій Кошман, к.т.н., доцент, Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, Харків, Україна. E-mail: s_koshman@ukr.net

Аліна Янко, аспірантка кафедри комп'ютерної інженерії, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава, Україна. E-mail: al9_yanko@ukr.net

Метод контролю даних у системі залишкових класів на основі використання позиційної ознаки непозиційної кодової структури.

Анотація. У статті розробляється метод контролю даних у системі залишкових класів (СЗК), який заснований на використанні позиційної ознаки непозиційної кодової структури. Розглянуто варіанти застосування запропонованого методу контролю даних у СЗК, а також приклади конкретного виконання операції контролю даних у СЗК. Наведені дані порівняльного аналізу кількості обладнання системи контролю в залежності від величини розрядної сітки комп'ютерної системи.

Ключові слова: система залишкових класів, достовірність контролю даних, система передачі та обробки даних, позиційна ознака непозиційного коду, непозиційна кодова структура.