

# МЕТОД ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИЗОВАНИХ ДАНИХ КВАЗІСТАЦІОНАРНИХ ОБ'ЄКТІВ НА ОСНОВІ СИСТЕМИ ЧИСЛЕННЯ ЗАЛИШКОВИХ КЛАСІВ БАЗИСУ КРЕСТЕНСОНА

Н.Я. Возна, Я.М. Николайчук, Н.Г. Ширмовська

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 45092,  
e-mail: public@nung.edu.ua

Описано метод формування структуризованих даних на основі досконалої форми системи залишкових класів. Наведено теоретичні положення перетворень системи залишкових класів базису Крестенсона. Описано алгоритм обробки даних контролерами низових рівнів розподілених комп'ютерних систем. Подано характеристики квазістаціонарних об'єктів управління. Вказано шляхи застосування методу структуризованих даних на низових рівнях товарно-сировинних резервуарів.

Ключові слова: система залишкових класів, структуризовані дані, квазістаціонарний об'єкт, техніко-економічні дані, товарно-сировинний резервуар.

Описан метод формирования структуризованных данных на основе совершенной формы системы остаточных классов. Приведены теоретические положения преобразований системы остаточных классов базиса Крестенсона. Описан алгоритм обработки данных контроллерами низовых уровней распределенных компьютерных систем. Представлены характеристики квазистационарных объектов управления. Указаны пути применения метода структуризованных данных на низовых уровнях товарно-сырьевых резервуаров.

Ключевые слова: система остаточных классов, структуризованные данные, квазистационарный объект, технико-экономические данные, товарно-сырьевой резервуар.

The article described a method of forming structured data based on perfect form of residual classes. These theoretical principles of transformation of residual classes Krestensona basis. The described algorithm for data controllers grassroots distributed computer systems. The presented characteristics of quasi-stationary objects. Method shows the use of structured data on the grassroots levels of commodity and raw material tanks.

Keywords: system of remaining classes, structured information, kvazistacional object, technic-ekonomical information, commodity raw material reservoir.

## Вступ

Принципи організації руху даних у комп'ютеризованих системах найбільш методологічно були розроблені в роботах відомого американського вченого Дж. Мартіна [1]. Найбільш повно основи теорії, методології та інформаційної технології побудови матричних моделей руху даних (МРД) у низових обчислювальних мережах розроблені Я.М.Николайчуком [2]. Практично технологія побудови МРД знайшла широке застосування в різних галузях при створенні програмно-апаратних засобів (СКУБ, СКУБ-М – управління процесами буріння, "КИС", "ГТИ" – управління геофізичними випробовуваннями, "ТСГК", "АИИС" – процесів формування та обробки даних із вибою морських свердловин) низових обчислювальних мереж автоматизованих систем нафтогазової промисловості [4].

Водночас, існуючі методи формалізації процесів формування структуризованих даних базуються на перетворенні цілочисельної форми системи залишкових класів (СЗК) [4]. Тому, використання інших форм СЗК, які дозволяють спростити алгоритм кодування інформації на низових рівнях розподілених комп'ютерних систем (РКС), є актуальною науково-технічною задачею.

## 1 Методи формалізації та формування структуризованих даних на низових рівнях проблемно-орієнтованих РКС

В основу процесів формалізації та формування структуризованих даних покладена теоретична база системи числення залишкових класів.

Відомі чотири форми перетворення залишкових класів [5], які базуються на аналітиці прямих та зворотних перетворень (табл. 1).

На основі аналізу характеристик та функціональних можливостей використання ТЧБ для формування СД на низових рівнях РКС запропоновано метод компактного завадозахищеного формування СД на основі ТЧБ Крестенсона, який описується таким алгоритмом:

$$\left. \begin{array}{l} x_1(t) \rightarrow x_{i1} \rightarrow p_1 \rightarrow b_1 \\ x_2(t) \rightarrow x_{i2} \rightarrow p_2 \rightarrow b_2 \\ \dots \\ x_j(t) \rightarrow x_{ij} \rightarrow p_j \rightarrow b_j \\ \dots \\ x_m(t) \rightarrow x_{im} \rightarrow p_{k-1} \rightarrow b_{k-1} \\ D_i \rightarrow p_k \rightarrow b_k \end{array} \right\} N_k = \quad (1)$$

$$= \text{res} \sum_{j=1}^k b_j B_j \pmod{P};$$

Таблиця 1 – Теоретичні положення перетворень СЗК базису Крестенсона

№ з/п	Пряме перетворення форми СЗК	Зворотне перетворення форми СЗК
1	Цілочисельна форма СЗК	
	$N_k = (b_1 b_2 \dots b_i \dots b_k)_{(p_1 p_2 \dots p_i \dots p_k)}$ $N_k = b_i \pmod{p_i},$ $N_k = a_i p_i + b_i,$ $P = \prod_{i=1}^k p_i; 0 \leq N_k \leq P.$	$b_i = \text{res} N_k \pmod{p_i}$ $N_k = \text{res} \sum_{i=1}^k b_i \cdot B_i \pmod{P},$ $B_i = \frac{P}{p_i} \cdot m_i \equiv 1 \pmod{p_i}.$
2	Нормалізована форма СЗК	
	$\frac{N_k}{P} = \text{res} \sum_{i=1}^k \frac{b_i \cdot B_i \pmod{P}}{P},$ $[N_k]_0 = \text{res} \sum_{i=1}^k b_i \cdot \frac{B_i}{P} \pmod{1},$ $0 \leq [N_k]_0 \leq P-1; \frac{B_i}{P} = \frac{1}{p_i},$	$[N_k]_0 = \text{res} \sum_{i=1}^k b_i \cdot \frac{m_i}{p_i} \pmod{1},$ $[N_k]_0 = \text{res} \sum_{i=1}^k [b_i]_0 \cdot m_i \pmod{1},$ $[b_i]_0 = \frac{b_i}{p_i}, 0 \leq [b_i]_0 \leq 1.$
	$\delta_p \leq \frac{1}{P}, \frac{1}{p_i} = 0.\overbrace{g}^{n_i} \overbrace{g}^{\delta_p} g g g g,$	$N_k = \text{int}[N_k]_0 \cdot P,$
3	Досконала форма СЗК	
	$[N_k]_0 = \text{res} \sum_{i=1}^k [b_i]_0 \pmod{1}.$	$b_i = \text{int} \text{res}[N_k]_0 \pmod{1} \cdot P_i$

$N_k$  – число у позиційній системі числення (у базисі Радемахера);  $(b_1 b_2 \dots b_i \dots b_k)$  – представлення числа у СЗК;  $(p_1 p_2 \dots p_i \dots p_k)$  – набір взаємно простих модулів СЗК;  $b_i$  – найменший невід’ємний залишок;  $P$  – діапазон кодування чисел в СЗК;  $a_i$  – ранг;  $K$  – число модулів СЗК;  $B_i$  – базисні числа СЗК;  $\text{res}$  – символ операції знаходження найменшого невід’ємного залишку;  $\text{int}$  – символ операції виділення цілої частини;  $\text{mod}$  – символ операції за модулем;  $m_i$  – ранговий коефіцієнт СЗК;  $\delta_p$  – дробова частина в нормалізованій формі СЗК;  $[N_k]_0, [b_i]_0$  – відповідно число та залишок у нормалізованій формі базису Радемахера.

$$B_j = \frac{P}{p_j} m_j = 1 \pmod{p_j},$$

де:  $x_j(t)$  - аналогові дані телеметрії;  
 $x_{ij}$  - цифрові дані телеметрії;  
 $D_i$  – техніко-економічні дані (ТЕД);  
 $p_1, p_2, \dots, p_k$  – система взаємно простих модулів;  
 $b_1, b_2, \dots, b_j, \dots, b_k$  – набір найменших невід’ємних залишків;

$B_j$  – система ортогональних базисів СЗК.  
 Наявність операції множення на базисні числа  $B_j$  та операції обчислення залишку за модулем  $P$  у виразі (1) ускладнює алгоритм кодування даних, який відповідає роботі контролерів низових рівнів РКС.

При використанні нормалізованої досконалої форми СЗК даний метод формування СД реалізується у вигляді більш простого алгоритму:

$$\left. \begin{array}{l} x_1(t) \rightarrow x_{i1} \rightarrow p_1 \rightarrow [b_1]_0 \\ x_2(t) \rightarrow x_{i2} \rightarrow p_2 \rightarrow [b_2]_0 \\ \dots \\ x_j(t) \rightarrow x_{ij} \rightarrow p_j \rightarrow [b_j]_0 \\ \dots \\ x_m(t) \rightarrow x_{im} \rightarrow p_{k-1} \rightarrow [b_{k-1}]_0 \\ D_i \rightarrow p_k \rightarrow [b_k]_0 \end{array} \right\} [N_k]_0 = \quad (2)$$

$$= \text{res} \sum_{i=1}^k [b_i]_0 \pmod{1},$$

$$b_i = \text{int} \text{res}[N_k]_0 \pmod{1} \cdot P,$$

де  $[N_k]_0$  – аналітичний вираз з табл. 1.

## 2 Інформаційні характеристики квазі-стаціонарних об’єктів управління

Особливістю квазістаціонарних ОУ, які в більшості відповідають реальним технологічним процесам, є стрибкоподібна зміна елемен-

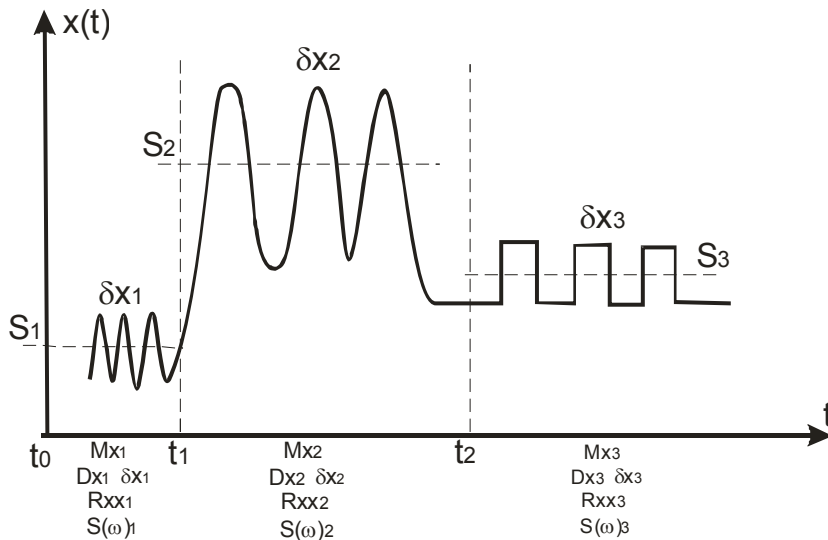


Рисунок 1 – Реалізація продукційної моделі квазістаціонарного ОУ (S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> – відповідні квазістаціонарні стани ОУ)

тів функціоналів  $X_{OU}$  та  $F_{OU}$  (рис.1), тобто  $(M_x, D_x, \delta x, R_{xx}, S(\omega), I_x) \Rightarrow \text{var}(t)$ , причому перелічені параметри є постійними на інтервалах  $t_{i-1} \leq t \leq t_i, i = 1, 2, \dots$

Таким чином, функціонал  $X_{OU}$ , який враховує квазістаціонарні властивості ОУ, повинен бути розширений ідентифікатором його стану  $S_i$ , що найбільш доцільно виконувати при формуванні масивів ТЕД [6]:

$$X_{OU} = F(S_i : X(t) + \text{ТЕД}, M_x, D_x, \sigma_x, R_{xx}, R_{xy}, M_{ij}, S(\omega), K_{ij}, \text{ЛСІМ}, I_x, \text{СД}), \quad (3)$$

де:  $X(t)$  – поточні значення технологічних параметрів ОУ,  $M_x$  – математичне сподівання,  $D_x$  – дисперсія,  $\sigma_x$  – середньоквадратичне відхилення,  $R_{xx}$  – автокореляційна функція,  $R_{xy}$  – взаємкореляційна функція,  $M_{ij}$  – матриця нормованих коефіцієнтів взаємкореляції,  $S(\omega)$  – спектральні моделі,  $K_{ij}$  – матриця ймовірностей переходу в різні стани, ЛСІМ – логіко-статистична інформаційна модель,  $I_x$  – ентропійна модель.

Як показано в роботі [5], для ідентифікації станів квазістаціонарних об'єктів управління, особливо виявлення передаварійних та аварійних ситуацій, доцільно використовувати логіко-статистичні та кластерні інформаційні моделі, які будуються на основі матриці ймовірності переходу в різні стани  $K_{ij}$ .

### 3 Застосування методу формування структурованих даних на низових рівнях "АСУ резервуарних парків НПЗ"

Об'єкти нафтогазового комплексу України належать до класу стратегічних об'єктів, автоматизоване управління якими здійснюється засобами спеціалізованих комп'ютерних систем. Важливим підкласом таких систем є спеціалі-

зовані системи контролю зберігання та обліку руху нафтопродуктів "АСУ резервуарних парків НПЗ". Особливістю технологічних об'єктів, товарно-сировинних резервуарів (ТСР) для зберігання нафти та нафтопродуктів є такі характеристики:

- квазістаціонарність, що потребує відповідної ідентифікації стану ТСР та формування його коду оператором апаратури мобільного адаптера;
- іскро-вибухонебезпечність, що потребує особливої екологічної безпеки при реалізації відповідних програмно-апаратних засобів його контролю;
- обмежений фізичний доступ оператора в промислово охоронну зону;
- значні габарити об'єкта (висота – до 20м, діаметр – 60м та ємність – понад 20 тис.т нафтопродуктів).

На рис. 2 зображена структура взаємодії оператора з об'єктами ТСР нафтопереробних заводів та диспетчером-оператором серверного центру "АСУ резервуарних парків НПЗ". Кожен ТСР оснащений не менш ніж шістьма автономними сенсорами, які контролюють такі параметри [7]:

$S_1, S_2, S_3$  – температура на різних рівнях по висоті ТСР;

$S_4, S_5, S_6$  – відповідно висота нафтопродукту, рівень підтоварної води, питома вага нафтопродукту.

Розподілена комп'ютеризована система "АСУ резервуарних парків НПЗ" обслуговується оператором-диспетчером (ОД), який знаходиться в центральній серверній, та багатьма операторами-контролерами (ОК), які виконують технологічне обслуговування ТСР, їх профілактику, контроль стану технологічного обладнання, сенсорів та ін.

Регламентна технологічна процедура взаємодії ОК та ОД відбувається шляхом використання мобільних адаптерів з безпроводним зв'язком, оскільки всі технічні засоби розміщені

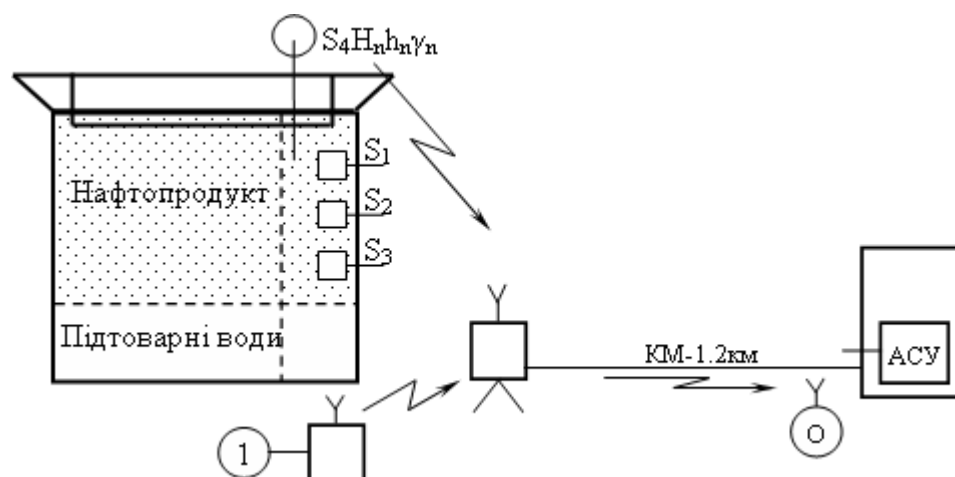


Рисунок 2 – Структура взаємодії оператора з об'єктами ТСП

ні в іскро-вибухонебезпечних контейнерах класу ВЗГ, що виключає можливість безпосереднього доступу ОК без спеціально оформленого дозволу до названих контейнерів. При цьому оператор ідентифікує свої дані в алфавітно-цифровому вигляді на основі синтезованої клавіатури [6] та вказує номер ТСП, тип регламентних робіт та ін. Дана інформація документується центральним сервером через автономні безпроводні канали зв'язку.

### Висновки

Викладені теоретичні засади методу формування структурованих даних квазістаціонарних об'єктів на основі цілочисельної та досконалої форм системи числення залишкових класів базису Крестенсона. Наведено приклади застосування розробленого методу в системах автоматизованого контролю розподілених та квазістаціонарних об'єктів нафтогазового комплексу України.

### Література

- 1 Мартин Дж. Введение в сетевые технологии. Практическое руководство по организации сетей. – СПб.: Лори, 2002. – 659 с.
- 2 Николайчук Я.М. Теория джерел інформації: монографія. – Тернопіль: Економічна думка, 2008. – 396 с.
- 3 Николайчук Я.Н. Эффективное кодирование суточного рапорта бурового мастера для формализованного ввода в ЭВМ / Я.Н. Николайчук, Г.Я. Ширмовский // Экспресс-информация. – 1986. – Вып. 7. – С. 29-33. – Серия "Экономика и управление в нефтяной промышленности".
- 4 Акушский И.Я. Машинная арифметика в остаточных классах / И.Я. Акушский, Д.И. Юдицкий. – М.: Сов. радио, 1978. – 256 с.
- 5 Ширмовська Н.Г. Теоретичні основи та методологія формалізації станів квазістаціонарних об'єктів / Н.Г. Ширмовська // Методи та прилади контролю якості. – 2010. – № 24. – С. 116-120.
- 7 Возна Н.Я. Архітектура та базові функції мобільного адаптера низового рівня розподіленої комп'ютерної системи / Н.Я. Возна, М.І. Чирка // Поступ в науку: Збірник наукових праць Буцацького інституту менеджменту і аудиту. – 2009. – №5. – Т. 1. – С.77-82.

Стаття надійшла до редакційної колегії  
17.06.11

Рекомендована до друку професором  
Горбійчуком М.І.