

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ

МАВРИНА МАРИНА ОЛЕКСІЇВНА



УДК 621.391

**МЕТОДИ І ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ, ДІАГНОСТИКИ ТА КОРЕКЦІЇ
ПОМИЛОК ПРИСТРОЇВ ОБРОБКИ ДАНИХ НА ОСНОВІ КЛАСУ
ЛИШКІВ**

05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2015

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Полтавському національному технічному університеті імені Юрія Кондратюка.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Краснобаєв Віктор Анатолійович,
Харківський національний університет імені
В.Н. Каразіна, професор кафедри електроніки та
управляючих систем.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Кучук Георгій Анатолійович,
Харківський університет Повітряних Сил імені
Івана Кожедуба, провідний науковий співробітник
наукового центру Повітряних Сил;

доктор технічних наук, професор
Лісовий Іван Павлович,
Одеська національна академія зв'язку
ім. О.С. Попова, професор кафедри
телекомунікаційних систем.

Захист відбудеться «19» лютого 2016 року о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.01 в Українському державному університеті залізничного транспорту, 61050, м. Харків, пл. Фейєрбаха 7.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Українського державного університету залізничного транспорту, 61050, м. Харків, пл. Фейєрбаха 7.

Автореферат розісланий «05» грудня 2015 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради
к.т.н., доцент



К.А. Трубчанінова

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Новий етап розвитку українських телекомунікацій – це етап конвергентного об'єднання інформатизації і телекомунікації в електронно-інформаційне суспільство на основі Закону «Про телекомунікації» та інших регламентних документів.

Сучасний рівень розробки та вдосконалення систем і засобів зв'язку неможливо забезпечити без проведення випереджальних досліджень, метою яких є розвиток та підвищення ефективності використання телекомунікаційних систем (ТКС) і мереж.

Подальший можливий перспективний шлях вдосконалення телекомунікаційних технологій буде спрямований на глобалізацію і забезпечення мультисервісності (забезпечення великої кількості нових додаткових послуг зв'язку до кожного користувача) зв'язку, а також на підвищення ефективності функціонування комп'ютерних пристроїв обробки даних (КПОД), як одного з основних пристроїв комутаційно-комунікаційного вузла (ККВ) ТКС. Це передбачається вирішити насамперед шляхом збільшення швидкості, достовірності та надійності обробки і передачі за короткий час великих масивів інформації, а також за рахунок інтелектуалізації мереж, забезпечення високого рівня мобільності користувачів та ін.

Одним із основних, дієвих шляхів досягнення високої ефективності функціонування КПОД ТКС є поліпшення, в першу чергу, таких характеристик, як оперативність і достовірність обробки великих масивів інформації в реальному часі, а також надійність їх функціонування. Так, сьогодні розвиток швидкодіючих і надійних КПОД реального часу належить до важливих і актуальних проблем наукових та технічних розробок перспективних ТКС, що підтверджує актуальність і важливість досліджень, які проводяться у цьому напрямку.

Зазначимо, що поряд із широко вживаними сьогодні методами підвищення швидкодії та надійності КПОД ККВ ТКС, які функціонують у звичайній двійковій позиційній системі числення (ПСЧ), великі перспективи відкриваються за рахунок розробки і впровадження нових, нетрадиційних методів представлення та обробки даних в непозиційній системі числення (НСЧ). Зокрема, розглядаються варіанти кодування даних на основі математичних методів, що впливають із спеціального розділу математики – теорії чисел. Результати проведених досліджень у галузі передачі та обробки інформації, представленої у НСЧ, відомих вчених та інженерів як у нашій країні, так і за кордоном (Валах М., Свобода А., Акушський І.Я., Юдицький Д.І., Амербаєв В.М., Коляда А.А., Торгашов В.А., Sano F., Shimbo A., Paulier P., Thornton M.A., Dreschler R., Miller D.M. та ін.), показали, що створення та експлуатація перспективних швидкодіючих КПОД ККВ ТКС, які функціонують в НСЧ класу лишків (КЛ), є ефективним та актуальним напрямом.

Однак при доведеному факті ефективного застосування КЛ для створення високопродуктивних і надійних КПОД ККВ ТКС час реалізації методів і алгоритмів контролю, діагностики та корекції (виправлення) помилок даних порівняно великий (відносно часу обробки інформації), що знижує загальну ефективність використання непозиційних кодових структур. Це пояснюється тим, що операції контролю, діагностики та корекції даних у КЛ належать до непозиційних операцій, тобто найбільш складно (великі часові і апаратні витрати) реалізованих у даній НСЧ. У той же час підвищення оперативності контролю в КЛ супроводжується зниженням достовірності отримання істинного результату обробки даних.

Невирішеність завдань щодо забезпечення достовірного результату процесу оперативного контролю та підвищення оперативності процесів діагностики та корекції помилок даних КПОД ККВ ТКС, що функціонують у КЛ, визначили тему, мету, загальну науково-технічну задачу дисертації, частинні задачі досліджень і зміст даної дисертаційної роботи.

Науково-технічна задача дисертації – розробка методів і засобів контролю, діагностики та корекції комп'ютерних пристроїв обробки даних комутаційно-комунікаційного вузла телекомунікаційної системи, що функціонують у класі лишків.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дослідження в дисертаційній роботі проводилися у відповідності з наступними нормативними актами:

1. Закон України «Про Основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007-2015 роки» від 09.01.2007 р., №537-V.
2. Закон України «Про телекомунікації» від 18.11.2003 р., №1280-IV.
3. Закон України «Про Концепцію Національної програми інформатизації» від 04.02.1998 р., №75/98-ВР.
4. Державна науково-технічна програма «Створення перспективних телекомунікаційних систем і технологій».

Дослідження, результати яких викладені в дисертації, проводились у відповідності з державними планами НДР, програмами та договорами, які виконувались на кафедрі комп'ютерної інженерії Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка, а також в інших організаціях:

– «Розробка та дослідження методів і засобів кодування, передачі, обробки та корекції даних комп'ютерних пристроїв телекомунікаційної системи і мережі, що функціонують у класі лишків» (Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, ДР №0114U004136, 2013-2015 рр.);

– «Методологія створення відмовостійких і швидкодіючих засобів обробки цифрової інформації реального часу на основі застосування модулярної системи числення» (Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, ДР №0110U000669, 2010-2014 рр.);

– «Розробка методики визначення обсягу робіт з експлуатації телекомунікаційного обладнання» (Українська державна академія залізничного транспорту, ДР №0111U007919, 2012 р.).

Участь автора у зазначених науково-дослідних темах та проектах, в яких дисертант був безпосереднім виконавцем, полягає в розробці методів і засобів підвищення достовірності та оперативності контролю, діагностики та корекції помилок даних комп'ютерних пристроїв обробки даних комутаційно-комунікаційного вузла телекомунікаційної системи, що функціонують у класі лишків.

Мета та задачі досліджень. Метою дисертаційної роботи є підвищення достовірності та оперативності контролю, діагностики і корекції помилок даних комп'ютерних пристроїв комутаційно-комунікаційного вузла телекомунікаційної системи, що функціонують у класі лишків.

Виходячи із сформульованої загальної науково-технічної задачі дисертації, визначено наступні частинні задачі досліджень дисертаційної роботи, вирішення яких забезпечить досягнення мети досліджень.

1. Дослідити методи контролю даних у класі лишків.
2. Розробити метод підвищення достовірності контролю комп'ютерних пристроїв обробки даних комутаційно-комунікаційного вузла телекомунікаційної системи, що функціонують у класі лишків.
3. Дослідити методи діагностики та корекції помилок даних у класі лишків.
4. Удосконалити методи діагностики та корекції помилок комп'ютерних пристроїв обробки даних комутаційно-комунікаційного вузла телекомунікаційної системи, що функціонують у класі лишків.
5. Розробити пристрої контролю, діагностики та корекції помилок комп'ютерних пристроїв обробки даних комутаційно-комунікаційного вузла телекомунікаційної системи, що функціонують у класі лишків.

Об'єкт досліджень – процеси контролю, діагностики та корекції помилок комп'ютерних пристроїв обробки даних комутаційно-комунікаційного вузла телекомунікаційної системи, що функціонують у класі лишків.

Предмет досліджень – методи і засоби контролю, діагностики і корекції помилок комп'ютерних пристроїв обробки даних комутаційно-комунікаційного вузла телекомунікаційної системи, що функціонують у класі лишків.

Методи досліджень. При вирішенні частинних задач дисертації використовувалися основи побудови телекомунікаційних систем і мереж, а також методи теорії завадостійкого кодування та теорії чисел. Так, при дослідженні методів контролю, діагностики та корекції помилок даних КПОД ККВ ТКС, що функціонують у класі лишків, використовувалися основні положення теорії побудови телекомунікаційних систем і мереж, а також методи теорії завадостійкого кодування. При розробці методів контролю, діагностики і корекції помилок даних КПОД ККВ ТКС, що функціонують у класі лишків, використовувалися елементи теорії завадостійкого кодування та теорії чисел (розділи теорії подільності і теорії порівнянь). При розробці пристроїв

контролю, діагностики і корекції помилок даних в КЛ використовувалися основні положення теорії системного аналізу технічних систем.

Наукова новизна отриманих результатів. Нові наукові результати дисертації відображені в наступних трьох пунктах.

1. Уперше отримано метод контролю в класі лишків, який, на відміну від відомих, заснований на використанні позиційного однорядового коду, шляхом використання максимальної інформаційної основи, що дозволяє підвищити достовірність контролю даних комп'ютерних пристроїв комутаційно-комунікаційного вузла телекомунікаційної системи.

2. Удосконалено метод діагностики в класі лишків, який заснований на визначенні частинних ортогональних базисів, шляхом поєднання у часі процесів аналізу проєкцій діагностованого числа, що дозволяє підвищити оперативність діагностування даних комп'ютерних пристроїв комутаційно-комунікаційного вузла телекомунікаційної системи.

3. Удосконалено метод корекції однократних помилок у класі лишків, заснований на урахуванні величини та місця розташування помилки в лишку числа, шляхом організації процесу паралельного виправлення помилок у групі лишків контрольованого числа, що дозволяє підвищити оперативність корекції помилок даних комп'ютерних пристроїв комутаційно-комунікаційного вузла телекомунікаційної системи.

Практичне значення отриманих результатів досліджень полягає в наступному.

1. У дисертації розроблений оперативний метод контролю КПОД, що дозволяє достовірно визначати результат процесу контролю даних у КЛ.

2. У роботі вдосконалено методи діагностики та корекції помилок даних у КЛ. Застосування даних методів дозволяє в n разів зменшити час діагностики та корекції, що підвищує оперативність проведення операцій діагностики та корекції помилок даних у КЛ.

3. По темі досліджень отримано 6 патентів України, що підтверджують новизну і практичну значимість результатів дисертації.

Патент України на винахід №105742 «Пристрій для контролю помилок даних у комп'ютерних пристроях ККВ інформаційно-телекомунікаційної системи, що функціонують у КЛ» отримано на пристрій, що синтезовано на основі розробленого алгоритму контролю помилок даних. Відповідно до алгоритму швидкого контролю даних синтезовано «Пристрій для контролю даних комп'ютерних пристроїв ТКС, що функціонують у КЛ», патент України на винахід №105455. Патент України на винахід №105436 «Пристрій для контролю та корекції помилок даних комп'ютерних пристроїв ККВ ТКС, що функціонують у КЛ» отримано на пристрій, в основі синтезу якого лежить удосконалений метод корекції однократних помилок даних у КЛ. Патент України на корисну модель №80289 «Пристрій для додавання та віднімання чисел за модулем три в модулярній системі числення» отримано на пристрій, що реалізує алгоритм додавання чисел по модулю три. Алгоритм порівняння даних лежить в основі пристрою «Пристрій для порівняння даних, що

представлені в непозиційній системі числення класу лишків», патент України на корисну модель №79587. Патент України на корисну модель №79673 отримано на пристрій «Пристрій для контролю даних комп'ютерних пристроїв ТКС, що функціонують у КЛ» в основі синтезу якого лежить алгоритм контролю даних КПОД ТКС у КЛ.

4. Розроблені і вдосконалені у дисертаційній роботі оперативні методи контролю, діагностики і корекції помилок даних, комплекс аналітичних співвідношень для розрахунку і оцінки часу контролю, а також сукупність патентоздатних пристроїв обробки даних, що функціонують в непозиційній системі числення класу лишків, є методологічною основою для створення систем контролю, діагностики і корекції помилок КПОД ККВ ТКС у КЛ.

5. Результати розрахунків і порівняльна оцінка часу контролю даних, проведені у дисертаційній роботі, показали, що зі збільшенням числового діапазону обробки інформації, що характерно для сучасної тенденції розвитку КПОД ККВ ТКС, ефективність застосування непозиційних кодових структур у КЛ зростає.

Результати наукових досліджень впроваджено на підприємстві НП ТОВ «СОЛВЕР» при виконанні завдань, які пов'язані з розробкою або вдосконаленням спеціальної техніки (акт реалізації від 12.05.2015 р.) та в навчальному процесі Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка (акт реалізації від 05.06.2015 р.).

Особистий вклад автора полягає в розробці та вдосконаленні методів і засобів оперативного контролю, діагностики та корекції помилок даних у КЛ. Отримані наукові результати забезпечують вирішення поставлених у дисертації частинних завдань досліджень. Усі основні наукові та практичні результати дисертації отримані особисто автором. Роботи [17-22] були опубліковані без співавторів. У роботах, опублікованих у співавторстві, здобувачеві належать: розробка методу оперативної діагностики даних у класі лишків [1]; метод підвищення достовірності контролю даних у системі залишкових класів [2]; метод виправлення однократних помилок даних у класі лишків [3]; метод швидкого контролю даних у класі лишків [4]; формулювання концепції створення комп'ютерних засобів обробки даних у класі лишків [5]; результати аналізу процесу контролю, діагностики та виправлення помилок у класі лишків [6]; результати досліджень методів порівнянь чисел у класі лишків [7]; розробка методу порівняння чисел у класі лишків [8]; розробка методу арифметичного порівняння чисел у класі лишків [9]; розробка методу оптимального резервування у модулярній системі числення [10]; алгоритм швидкого контролю даних комп'ютерних пристроїв телекомунікаційної системи у класі лишків [11]; алгоритм корекції помилок даних комп'ютерних пристроїв комутаційно-комунікаційного вузла телекомунікаційної мережі у класі лишків [12]; алгоритм контролю помилок даних у комп'ютерних пристроях комутаційно-комунікаційного вузла інформаційно-телекомунікаційної системи у класі лишків [13]; алгоритм додавання чисел за модулем три [14]; алгоритм

контролю даних комп'ютерних пристроїв телекомунікаційної системи у класі лишків [15]; алгоритм порівняння даних у класі лишків [16].

Апробація результатів дисертації. Основні результати наукових досліджень дисертації доповідались, обговорювались та були схвалені на міжнародних науково-технічних конференціях: III Міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління» (м. Харків, Україна, 2013 р.); IX Наукова конференція «Новітні технології – для захисту повітряного простору» (м. Харків, Україна, 2013 р.); II Міжнародна науково-технічна конференція «Інформаційні проблеми теорії акустичних, радіоелектронних і телекомунікаційних систем IPST-2013» (м. Алушта, Україна, 2013 р.); II Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми информатизации» (м. Київ, Україна, 2014 р.); 27-а міжнародна науково-практична конференція «Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте» (м. Харків, Україна, 2014 р.); V Міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління» (м. Харків, Україна, 2015 р.).

Публікації. Основні результати дисертації опубліковані у 22 друкованих роботах: 3 статті у Міжнародних науково-теоретичних журналах [1, 2, 3], 2 статті у фахових науково-технічних журналах [4, 8], 5 статей у науково-технічних збірках наукових праць [5-7, 9, 10], 6 патентів України [11-16], 6 тез доповідей у збірниках науково-технічних конференцій [17-22].

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків по дисертації, списку використаної літератури та одного додатку. Повний обсяг дисертації – 173 сторінки, у тому числі: 141 сторінка основного тексту, рисунків і таблиць на 15 окремих сторінках, бібліографія зі 102 найменувань на 12 сторінках, 1 додаток на 5 сторінках. Дисертація написана російською мовою.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Вступ дисертаційної роботи містить: обґрунтування актуальності теми дослідження; інформацію про зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами; мету роботи та частинні задачі досліджень; формулювання об'єкту, предмету і методів дослідження; характеристики наукової новизни та практичного значення отриманих результатів досліджень, а також особистого внеску здобувача; представлено дані щодо реалізації, апробації та публікації наукових і практичних результатів дисертації.

У першому розділі розглянута організація та принципи побудови телекомунікаційних мереж. Проведено аналіз структури та особливостей функціонування комутаційно-комунікаційного вузла як складової частини ТКС. Результати досліджень структури та особливостей функціонування комутаційно-комунікаційного вузла показали, що основним його призначенням є прийом, обробка та розподіл інформації для подальшої передачі (вирішення

задач маршрутизації, комутації та мультиплексування). Відповідно для підвищення ефективності роботи ККВ необхідно підвищувати швидкість обробки інформації, що циркулює в сучасних ТКС. Підвищення функціональних можливостей як ККВ, так і ТКС в цілому можливе за рахунок використання в їх структурі комп'ютерних кластерів, використання технології GRID. Ще одним шляхом підвищення ефективності роботи ККВ є збільшення продуктивності КПОД за рахунок переходу до обробки даних у нетрадиційній машинній арифметиці, наприклад, класу лишків. Ці висновки ґрунтуються на результатах аналізу сучасних фундаментальних наукових праць з цієї тематики вітчизняних і зарубіжних вчених та інженерів. Застосування кодів у класі лишків дозволяє розробляти високовідмовостійкі системи та пристрої обробки даних з паралельною обробкою великих масивів інформації. На основі отриманих результатів дослідження структури та особливостей функціонування пристроїв обробки даних у класі лишків показано, що експлуатація КПОД ККВ ТКС, що функціонують у класі лишків, неможлива без ефективної системи контролю даних, що представлені непозиційним кодом. Відомо, що існують методи оперативного контролю даних, однак усі вони мають значний недолік – низьку достовірність контролю даних, що знижує ефективність використання КПОД у класі лишків. Недоліком методів діагностики та корекції помилок даних, що представлені у класі лишків, є низька оперативність обробки даних КПОД, що функціонують в реальному часі. Ці обставини визначили мету роботи, формулювання загальної науково-технічної задачі дисертації, на основі якої були визначені частинні задачі досліджень, а також тему та зміст даної дисертаційної роботи.

Як показник для кількісної оцінки достовірності контролю інформації, що представлена у класі лишків, у дисертації використовується ймовірність отримання істинного результату операції контролю даних. У відповідності з метою та задачами дисертації для кількісної оцінки оперативності процесу діагностики і корекції помилок даних оперативність будемо оцінювати середнім часом тривалості процесу діагностики і корекції даних, представлених у класі лишків. У розділі також подано формулювання науково-технічної задачі дисертації.

У другому розділі дисертації вирішено першу та другу задачі досліджень, отримано перший науковий результат. Проведено аналіз основних властивостей класу лишків: незалежність, рівноправність та малорозрядність, їх вплив на структуру та принципи функціонування КПОД ККВ ТКС. Результати аналізу основних властивостей КЛ дозволяють зробити висновок, що КПОД, які функціонують у класі лишків, належать до об'єктів, що легко контролюються та легко діагностуються. У розділі наведені основи контролю даних у непозиційній системі числення класу лишків, а також основні поняття та визначення теорії завадостійкого кодування даних у КЛ. У теорії непозиційного завадостійкого кодування всі методи контролю поділяються на три групи: 1) методи, що базуються на використанні принципу безпосереднього порівняння, 2) методи, що базуються на використанні принципу нулевізації,

3) методи, що базуються на використанні позиційних ознак непозиційного коду.

Результати досліджень методів контролю даних у класі лишків показали, що існуючі методи, що базуються на використанні безпосереднього порівняння та принципу нулевізації є оперативними, але при цьому невирішеною залишається задача підвищення достовірності контролю без втрати його оперативності.

Запропонований метод оперативного та достовірного контролю базується на використанні позиційних ознак непозиційного коду (ПОНК). Дана ПОНК є однією з характеристик однорядового коду (ОК), одержаного з вхідної (контрольованої) непозиційної кодової структури (НКС) $A = (a_1 \| a_2 \| \dots \| a_{i-1} \| a_i \| a_{i+1} \| \dots \| a_n \| a_{n+1})$ даних, що представлені у КЛ за основами $\{m_i\}$, $i = \overline{1, n+1}$, з одним контрольним лишком a_{n+1} за контрольною основою (модулем) m_{n+1} , при цьому $M = \prod_{i=1}^n m_i$; $M_0 = \prod_{i=1}^{n+1} m_i$. У загальному вигляді ОК $K_N^{(n_A)} = \{Z_{N-1}^{(A)} Z_{N-1}^{(A)} \dots Z_1^{(A)} Z_0^{(A)}\}$ являє собою послідовність двійкових $Z_K^{(A)}$ ($K = \overline{0, N-1}$) розрядів, яка складається з одиниць і тільки одного нуля, який знаходиться на n_A -му місці (рахуючи з правого боку, від розряду $Z_0^{(A)}$, наліво, до розряду $Z_{N-1}^{(A)}$). Параметр n_A є ПОНК НКС вигляду $A = (a_1 \| a_2 \| \dots \| a_{i-1} \| a_i \| a_{i+1} \| \dots \| a_n \| a_{n+1})$. Математично параметр n_A являє собою натуральне число, що визначає місце розташування нульового двійкового розряду $Z_{n_A}^{(A)} = 0$ у запису ОК $K_N^{(n_A)}$. Він визначає номер j_i числового $[j_i \cdot m_i, (j_i + 1) \cdot m_i)$ інтервалу знаходження числа A , тобто значення n_A із визначеною W точністю, яка залежить від значення величини модуля m_i КЛ, визначає місцезнаходження числа $A = (a_1 \| a_2 \| \dots \| a_{i-1} \| a_i \| a_{i+1} \| \dots \| a_n \| a_{n+1})$ на числовій вісі $0 \div M_0$.

Таким чином, сутність методу контролю даних у КЛ полягає у визначенні ПОНК n_A шляхом формування ОК $K_N^{(n_A)} = \{Z_{N-1}^{(A)} Z_{N-1}^{(A)} \dots Z_1^{(A)} Z_0^{(A)}\}$ для НКС $A = (a_1 \| a_2 \| \dots \| a_{i-1} \| a_i \| a_{i+1} \| \dots \| a_n \| a_{n+1})$ у вигляді послідовності із N_i двійкових розрядів. Виходячи із значення залишку a_i числа A визначається константа нулевізації вигляду $KH_{m_i}^{(A)} = (t'_1 \| t'_2 \| \dots \| t'_{i-1} \| t_i \| t'_{i+1} \| \dots \| t'_{n+1})$ та проводиться операція виду $A_{m_i} = A - KH_{m_i}^{(A)}$. Операція віднімання проводиться паралельно у часі використовуючи N_i констант $K_A \cdot m_i$ ($K_A = \overline{0, N_i - 1}$) в результаті чого формується ОК $K_{N_i}^{(n_A)}$. Значення ПОНК n_A визначається із рівності $A_{m_i} - n_A \cdot m_i = 0$. Після чого відбувається визначення місця розташування значення $Z_{n_A}^{(A)} = 0$ в ОК.

Якщо $n_A < N_i$, то число A правильне, якщо $n_A \geq N_i$, то число A неправильне. У загальному вигляді метод зображено на рис. 1.

1	Вибір контрольної $m_k = m_{n+1}$ основи КЛ
	Для заданого набору $\{m_i\}$ інформаційних основ ($i = \overline{1, n}$) для забезпечення необхідного значення $d_{\min}^{(KL)}$ МКВ проводиться вибір контрольної $m_k = m_{n+1}$ основи КЛ.
2	Визначення ПОНК n_A
	<p>1. Вибір значення $m_i, (i = \overline{1, n})$ інформаційної основи для забезпечення достовірності контролю даних у КЛ.</p> <p>2. Визначення значення $A_{m_i} = A^{(0)} - KH_{m_i}^{(A)} =$ $= \left\{ \left[a_1^{(0)} \parallel a_2^{(0)} \parallel \dots \parallel a_{i-1}^{(0)} \parallel a_i^{(0)} \parallel a_{i+1}^{(0)} \parallel \dots \parallel a_n^{(0)} \parallel a_{n+1}^{(0)} \right] - \left[t_1^{(0)} \parallel t_2^{(0)} \parallel \dots \parallel t_{i-1}^{(0)} \parallel t_i^{(0)} \parallel t_{i+1}^{(0)} \parallel \dots \parallel t_n^{(0)} \parallel t_{n+1}^{(0)} \right] \right\} \bmod M_0 =$ $= \left\{ \left[a_1^{(0)} - t_1^{(0)} \right] \bmod m_1 \parallel \left[a_2^{(0)} - t_2^{(0)} \right] \bmod m_2 \parallel \dots \parallel \left[a_{i-1}^{(0)} - t_{i-1}^{(0)} \right] \bmod m_{i-1} \parallel \right.$ $\left. \left[a_i^{(0)} - t_i^{(0)} \right] \bmod m_i \parallel \left[a_{i+1}^{(0)} - t_{i+1}^{(0)} \right] \bmod m_{i+1} \parallel \dots \parallel \left[a_n^{(0)} - t_n^{(0)} \right] \bmod m_n \parallel \right.$ $\left. \left[a_{n+1}^{(0)} - t_{n+1}^{(0)} \right] \bmod m_{n+1} \right\} = \left\{ \left[a_1^{(1)} \parallel a_2^{(1)} \parallel \dots \parallel a_{i-1}^{(1)} \parallel 0 \parallel a_{i+1}^{(1)} \parallel \dots \parallel a_n^{(1)} \parallel a_{n+1}^{(1)} \right] \right\} \bmod M_0$</p> <p>При цьому $M_0 = \prod_{i=1}^{n+1} m_i = M \cdot m_{n+1}$ и $a_i^{(0)} = t_i^{(0)}$.</p> <p>3. Формування ОК $K_{N_i}^{(n_A)} = \left\{ Z_{N_i-1}^{(A)} Z_{N_i-2}^{(A)} \dots Z_1^{(A)} Z_0^{(A)} \right\}$. $A_{m_i} - K_A \cdot m_i = Z_{K_A}^{(A)}$; $K_A = \overline{0, N_i - 1}$; $N_i = M_0 / m_i, (i = \overline{1, n})$ $\left\{ \begin{array}{l} A_{m_i} - 0 \cdot m_i = Z_0^{(A)}, A_{m_i} - 1 \cdot m_i = Z_1^{(A)}, A_{m_i} - 2 \cdot m_i = Z_2^{(A)}, \\ \dots \\ A_{m_i} - K_A \cdot m_i = Z_{K_A}^{(A)}, \\ \dots \\ A_{m_i} - (N_i - 2) \cdot m_i = Z_{N_i-2}^{(A)}, A_{m_i} - (N_i - 1) \cdot m_i = Z_{N_i-1}^{(A)}. \end{array} \right.$</p> <p>4. Знаходимо значення n_A із ОК. В цьому випадку $n_A = K_A$, при $A_{m_i} - n_A \cdot m_i = Z_{n_A}^{(A)} = 0$.</p>
3	Процедура оперативного контролю у КЛ
	<p>1. Визначення місцезнаходження значення $Z_{n_A}^{(A)} = 0$ у представленні ОК $K_{N_i}^{(n_A)} = \left\{ Z_{N_i-1}^{(A)} Z_{N_i-2}^{(A)} \dots Z_1^{(A)} Z_0^{(A)} \right\}$.</p> <p>2. Якщо $n_A < N_i$, то число A правильне.</p> <p>3. Якщо $n_A \geq N_i$, то число A неправильне.</p>

Рис. 1. Метод підвищення достовірності контролю даних у КЛ.

Результати розрахунків та порівняльного аналізу достовірності контролю даних у КЛ подано у таблиці 1.

Таблиця 1

Результати розрахунку значень $P_{\text{ок}(i)}$ та $P_{\text{ок}(n+1)}$ достовірності контролю

№ п.п	m_{n+1}	M	$\frac{M}{m_{n+1}}$	$]M / m_{n+1}[$	$N_{n+1} =$ $=]M / m_{n+1}[\cdot m_{n+1}$	$P_{\text{ок}(n+1)}$	$P_{\text{ок}(i)},$ $i = \overline{1, n}$	Виграш у [%]
	1	2	3	4	5	6	7	8
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

У третьому розділі вирішено третю та четверту задачі досліджень дисертації та отримано другий та третій наукові результати. В загальному випадку задача діагностики даних у КЛ полягає у визначенні сукупності $\{a_i\}$ спотворених (неправильних) лишків спотвореного (неправильного) числа $\tilde{A}_{\text{КЛ}}$ за модулем m_i . Ступінь деталізації місця виникнення помилки в НКС визначається глибиною D діагностування. Оскільки у роботі розглядається однократна помилка (у одному лишку НКС) максимальна глибина D_{max} діагностування – це виявлення одного ($r = 1$) лишку НКС A , у якому є помилка, тобто $D_{\text{max}} = 1/r = 1$.

Операції контролю (визначення правильності числа A) та діагностики (аналіз правильності чи неправильності лишків) проводяться одна за одною послідовно.

На основі вже відомих наукових тверджень в роботі представлено метод оперативної діагностики даних у КЛ, рис.2, рис.3.

Процес корекції помилок даних у КЛ, як і в позиційній системі числення у загальному випадку складається із трьох етапів: 1) контроль даних (визначення правильності або неправильності вхідного числа $A_{\text{КЛ}}$); 2) діагностика неправильного $\tilde{A}_{\text{КЛ}}$ числа (визначення одного спотвореного лишку \tilde{a}_i за основою m_i КЛ числа $\tilde{A}_{\text{КЛ}}$); 3) виправлення неправильного залишку \tilde{a}_i числа $\tilde{A}_{\text{КЛ}}$ на істинний a_i (отримання правильного числа $A_{\text{КЛ}} = \tilde{A}_{\text{вип}}$). Корируючі властивості коду оцінюються величиною мінімальної кодової відстані (МКВ).

В дисертації розглядається випадок коли МКВ дорівнює 2, тобто достовірно виправляється однократна помилка, рис.4.

1	<p>Визначення частинних M_i робочих основ КЛ</p>
	$M_1 = m_2 \cdot m_3 \dots m_{i-1} \cdot m_i \dots m_n \cdot m_{n+1},$ $M_2 = m_1 \cdot m_3 \dots m_{i-1} \cdot m_i \cdot m_{i+1} \dots m_n \cdot m_{n+1},$ <p style="text-align: center;">...</p> $M_i = m_1 \cdot m_2 \dots m_{i-1} \cdot m_{i+1} \dots m_n \cdot m_{n+1},$ <p style="text-align: center;">...</p> $M_n = m_1 \cdot m_2 \dots m_{i-1} \cdot m_i \cdot m_{i+1} \dots m_{n-1} \cdot m_{n+1},$ $M_{n+1} = M = M_0 / m_{n+1} = m_1 \cdot m_2 \dots m_{i-1} \cdot m_i \cdot m_{i+1} \dots m_{n-1} \cdot m_n$
2	<p>Визначення частинних $B_{ij} = M_i \cdot \overline{m_{ij}} / m_i = 1 \pmod{m_i}$ ортогональних базисів для даного КЛ</p>
	$M = \prod_{i=1}^n m_i, \quad M_0 = \prod_{i=1}^{n+1} m_i, \quad M_i = \prod_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^{n+1} m_k.$ <p style="text-align: center;">$\overline{m_{ij}} = \overline{1, m_i - 1}; \quad j = \overline{1, n+1}$ – кількість основ вхідного КЛ; $i = \overline{1, n}$ – кількість основ КЛ у i-му наборі частинних робочих основ КЛ $(j = i + 1)$</p> $\begin{matrix} B_{11} & B_{21} & B_{31} & \dots & B_{(n-1)1} & B_{n1} \\ B_{12} & B_{22} & B_{32} & \dots & B_{(n-1)2} & B_{n2} \\ & & & \dots & & \\ B_{1(n+1)} & B_{2(n+1)} & B_{3(n+1)} & \dots & B_{(n-1)(n+1)} & B_{n(n+1)} \end{matrix}$
3	<p>Визначення проєкцій \tilde{A}_j числа $\tilde{A} = (a_1 \ a_2 \ \dots \ a_i \ \dots \ a_n \ a_{n+1})$</p>
	$\tilde{A}_1 = (a_2 \ a_3 \ \dots \ a_{i-1} \ a_i \ a_{i+1} \ \dots \ a_n \ a_{n+1}),$ $\tilde{A}_2 = (a_1 \ a_3 \ \dots \ a_{i-1} \ a_i \ a_{i+1} \ \dots \ a_n \ a_{n+1}),$ <p style="text-align: center;">...</p> $\tilde{A}_i = (a_1 \ a_2 \ \dots \ a_{i-1} \ a_{i+1} \ \dots \ a_n \ a_{n+1}),$ <p style="text-align: center;">...</p> $\tilde{A}_n = (a_1 \ a_2 \ \dots \ a_{i-1} \ a_i \ a_{i+1} \ \dots \ a_{n-1} \ a_{n+1}),$ $\tilde{A}_{n+1} = (a_1 \ a_2 \ \dots \ a_{i-1} \ a_i \ a_{i+1} \ \dots \ a_{n-1} \ a_n).$

Рис. 2. Метод оперативної діагностики даних у КЛ.

4	<p>Обрахунок значень величин проєкцій \tilde{A}_j у ПСЧ $\tilde{A}_{j\text{ПСЧ}} = \left(\sum_{\substack{i=1 \\ j=1, n+1}}^n a_i \cdot B_{ij} \right) \bmod M_j$</p> $\tilde{A}_{1\text{ПСЧ}} = \left(\sum_{i=1}^n a_i \cdot B_{i1} \right) \bmod M_1 = (a_1 \cdot B_{11} + a_2 \cdot B_{21} + \dots + a_n \cdot B_{n1}) \bmod M_1,$ $\tilde{A}_{2\text{ПСЧ}} = \left(\sum_{i=1}^n a_i \cdot B_{i2} \right) \bmod M_2 = (a_1 \cdot B_{12} + a_2 \cdot B_{22} + \dots + a_n \cdot B_{n2}) \bmod M_2,$ <p style="text-align: center;">...</p> $\tilde{A}_{k\text{ПСЧ}} = \left(\sum_{i=1}^n a_i \cdot B_{ik} \right) \bmod M_k = (a_1 \cdot B_{1k} + a_2 \cdot B_{2k} + \dots + a_n \cdot B_{nk}) \bmod M_k,$ <p style="text-align: center;">...</p> $\tilde{A}_{n\text{ПСЧ}} = \left(\sum_{i=1}^n a_i \cdot B_{in} \right) \bmod M_n = (a_1 \cdot B_{1n} + a_2 \cdot B_{2n} + \dots + a_n \cdot B_{nn}) \bmod M_n,$ $\tilde{A}_{(n+1)\text{ПСЧ}} = \left(\sum_{i=1}^n a_i \cdot B_{i(n+1)} \right) \bmod M_{n+1} = (a_1 \cdot B_{1(n+1)} + a_2 \cdot B_{2(n+1)} + \dots + a_n \cdot B_{n(n+1)}) \bmod M_{n+1}.$		
5	<p>Порівняння величин $\tilde{A}_{j\text{ПСЧ}} = \left(\sum_{\substack{i=1 \\ j=1, n+1}}^n a_i \cdot B_{ij} \right) \bmod M_j$ із модулем $M = M_0 / m_{n+1}$</p>		
6	<p>Визначення достовірно неспотворених $\{a_{z_j}\}$ і можливо спотворених $\{\overline{a_{z_j}}\}$ лишків числа \tilde{A}</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> $\{a_{z_j}\}, j = \overline{l+1, n+1};$ $\tilde{A}_{1\text{ПСЧ}} \geq M \rightarrow a_1,$ $\tilde{A}_{2\text{ПСЧ}} \geq M \rightarrow a_2,$ <p style="text-align: center;">...</p> $\tilde{A}_{n\text{ПСЧ}} \geq M \rightarrow a_n.$ </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> $\{\overline{a_{z_j}}\}, i = \overline{1, l};$ $\tilde{A}_{1\text{ПСЧ}} < M \rightarrow \overline{a_1}$ $\tilde{A}_{2\text{ПСЧ}} < M \rightarrow \overline{a_2}$ <p style="text-align: center;">...</p> $\tilde{A}_{n\text{ПСЧ}} < M \rightarrow \overline{a_n},$ $\tilde{A}_{(n+1)\text{ПСЧ}} < M \rightarrow \overline{a_{(n+1)}}.$ </td> </tr> </table>	$\{a_{z_j}\}, j = \overline{l+1, n+1};$ $\tilde{A}_{1\text{ПСЧ}} \geq M \rightarrow a_1,$ $\tilde{A}_{2\text{ПСЧ}} \geq M \rightarrow a_2,$ <p style="text-align: center;">...</p> $\tilde{A}_{n\text{ПСЧ}} \geq M \rightarrow a_n.$	$\{\overline{a_{z_j}}\}, i = \overline{1, l};$ $\tilde{A}_{1\text{ПСЧ}} < M \rightarrow \overline{a_1}$ $\tilde{A}_{2\text{ПСЧ}} < M \rightarrow \overline{a_2}$ <p style="text-align: center;">...</p> $\tilde{A}_{n\text{ПСЧ}} < M \rightarrow \overline{a_n},$ $\tilde{A}_{(n+1)\text{ПСЧ}} < M \rightarrow \overline{a_{(n+1)}}.$
$\{a_{z_j}\}, j = \overline{l+1, n+1};$ $\tilde{A}_{1\text{ПСЧ}} \geq M \rightarrow a_1,$ $\tilde{A}_{2\text{ПСЧ}} \geq M \rightarrow a_2,$ <p style="text-align: center;">...</p> $\tilde{A}_{n\text{ПСЧ}} \geq M \rightarrow a_n.$	$\{\overline{a_{z_j}}\}, i = \overline{1, l};$ $\tilde{A}_{1\text{ПСЧ}} < M \rightarrow \overline{a_1}$ $\tilde{A}_{2\text{ПСЧ}} < M \rightarrow \overline{a_2}$ <p style="text-align: center;">...</p> $\tilde{A}_{n\text{ПСЧ}} < M \rightarrow \overline{a_n},$ $\tilde{A}_{(n+1)\text{ПСЧ}} < M \rightarrow \overline{a_{(n+1)}}.$		

Рис. 3. Продовження методу оперативної діагностики даних у КЛ.

1	Вхідні дані для виправлення однократних помилок у КЛ
	<p>У результаті діагностики НКС $\tilde{A} = (\tilde{a}_1 \parallel \tilde{a}_2 \parallel \dots \parallel a_{i-1} \parallel \tilde{a}_i \parallel a_{i+1} \parallel \dots \parallel a_n \parallel a_{n+1})$ отримана сукупність із l можливих спотворених лишків $\{\bar{a}_{z_j}\}, j = \overline{1, l}$. У цьому випадку вважається, що істинно неспотворені (правильні) $(n+1-l)$ лишки НКС $\tilde{A} \{a_{z_j}\}$, де $j = \overline{l+1, n+1}$.</p>
2	Розрахунок правильних лишків $\{a_{z_j}\}$ числа A у КЛ
	<p>$\tilde{A} = (A + \Delta A) \bmod M_0$; $\tilde{a}_i = (a_i + \Delta a_i) \bmod m_i$; $\Delta A = (0 \parallel 0 \parallel \dots \parallel 0 \parallel \Delta a_i \parallel 0 \parallel \dots \parallel 0 \parallel 0)$.</p> <p>$\hat{A} = (\tilde{A} - \Delta \hat{A}) \bmod M_0 = [(a_1 \parallel a_2 \parallel \dots \parallel a_{i-1} \parallel \tilde{a}_i \parallel a_{i+1} \parallel \dots \parallel a_n \parallel a_{n+1}) - (0 \parallel 0 \parallel \dots \parallel 0 \parallel \Delta a_i \parallel 0 \parallel \dots \parallel 0 \parallel 0)] \bmod M_0 = [a_1 \parallel a_2 \parallel \dots \parallel a_{i-1} \parallel (\tilde{a}_i - \Delta a_i) \bmod m_i \parallel a_{i+1} \parallel \dots \parallel a_n \parallel a_{n+1}] \bmod M_0 = (a_1 \parallel a_2 \parallel \dots \parallel a_{i-1} \parallel a_i \parallel a_{i+1} \parallel \dots \parallel a_n \parallel a_{n+1})$.</p> <p>За формулою $\hat{a}_i = (\tilde{a}_i + [m_i \cdot (1 + r \cdot m_{n+1}) / (\bar{m}_i \cdot m_{n+1}) - \tilde{A} / B_i] \bmod m_i)$ визначаємо усі значення $\{a_{z_j}\}, (j = \overline{1, l})$ правильних лишків A</p> <p>$\hat{a}_{z_1} = (\bar{a}_{z_1} + [m_{z_1} \cdot (1 + r \cdot m_{n+1}) / (\bar{m}_{z_1} \cdot m_{n+1}) - \tilde{A} / B_{z_1}] \bmod m_{z_1})$,</p> <p>$\hat{a}_{z_2} = (\bar{a}_{z_2} + [m_{z_2} \cdot (1 + r \cdot m_{n+1}) / (\bar{m}_{z_2} \cdot m_{n+1}) - \tilde{A} / B_{z_2}] \bmod m_{z_2})$,</p> <p style="text-align: center;">...</p> <p>$\hat{a}_{z_j} = (\bar{a}_{z_j} + [m_{z_j} \cdot (1 + r \cdot m_{n+1}) / (\bar{m}_{z_j} \cdot m_{n+1}) - \tilde{A} / B_{z_j}] \bmod m_{z_j})$,</p> <p style="text-align: center;">...</p> <p>$\hat{a}_{z_l} = (\bar{a}_{z_l} + [m_{z_l} \cdot (1 + r \cdot m_{n+1}) / (\bar{m}_{z_l} \cdot m_{n+1}) - \tilde{A} / B_{z_l}] \bmod m_{z_l})$.</p>
3	Отримання правильного $\tilde{A}_{\text{вин}} = A$ числа у КЛ
	<p>Заміна можливо неправильних $\{\bar{a}_{z_j}\}$ лишків спотвореного числа \tilde{A} на значення правильних $\{a_{z_j}\}$ лишків, тобто виправлення помилки у неправильному \tilde{A} числі (отримання правильного $\tilde{A}_{\text{вин}} = A = (a_1 \parallel a_2 \parallel \dots \parallel a_{i-1} \parallel a_i \parallel a_{i+1} \parallel \dots \parallel a_n \parallel a_{n+1})$)</p> $\left\{ \begin{array}{l} a_{z_1} \rightarrow \bar{a}_{z_1}, a_{z_2} \rightarrow \bar{a}_{z_2}, \\ \dots \\ a_{z_j} \rightarrow \bar{a}_{z_j}, \\ \dots \\ a_{z_l} \rightarrow \bar{a}_{z_l}. \end{array} \right. \quad \tilde{A} \rightarrow \tilde{A}_{\text{вин}} = A.$

Рис. 4. Метод корекції однократних помилок у КЛ.

У роботі наведені приклади конкретної реалізації процесу контролю, діагностики та корекції помилок. Показано, що використання удосконалених методів дозволяє підвищити оперативність діагностики та корекції помилок КПОД ККВ ТКС, що функціонують у КЛ.

У **четвертому розділі** вирішена п'ята задача досліджень дисертації. Базуючись на розробленому у дисертаційній роботі методі контролю та вдосконалених методах діагностики і корекції помилок даних, синтезовані алгоритми для їх реалізації, згідно з якими було розроблено клас засобів (пристроїв) для контролю, діагностики та корекції помилок даних у КЛ, за якими отримано патенти України. Отримані за темою досліджень 6 патентів України підтверджують новизну та практичну значущість розроблених у дисертації засобів контролю, діагностики та корекції помилок даних у класі лишків.

Показано, що використання запропонованих пристроїв дозволяє підвищити достовірність контролю даних КПОД ТКС, що функціонують у КЛ, а також дозволяє технічно спростити процедуру обробки непозиційних кодових структур. Розроблені патентоспроможні пристрої рекомендовані до практичного застосування при проектуванні, створенні та експлуатації існуючих і перспективних комп'ютерних пристроїв обробки даних телекомунікаційних систем.

ВИСНОВКИ

У дисертації вирішено нову, важливу і актуальну науково-технічну задачу з розробки методів та засобів контролю, діагностики і корекції комп'ютерних пристроїв обробки даних ККВ ТКС, що функціонують у класі лишків. Проведені у дисертації дослідження, результати вирішення частинних наукових задач, а також результати розрахунків та порівняльного аналізу достовірності та часу контролю, діагностики та корекції помилок даних, що представлені у КЛ, дали змогу отримати наступні наукові та практичні результати.

1. Результати досліджень методів контролю даних у КЛ показали, що всі існуючі практичні методи контролю КПОД ККВ засновані на використанні принципу безпосереднього порівняння та принципу нулевізації. Розглянутий у розділі найбільш оперативний з існуючих методів контролю дозволяє, у порівнянні з базовим, зменшити час контролю КПОД для одnobайтової, двобайтової, чотирибайтової і восьмибайтової розрядних сіток на 50; 58,3; 56,2; 60 і 65,6 відсотків відповідно. Однак даний оперативний метод не забезпечує повну достовірність контролю КПОД ККВ. Дана обставина обумовлює необхідність розробки методу підвищення достовірності оперативного контролю даних у КЛ.

2. У дисертації розроблено метод підвищення достовірності оперативного контролю даних у КЛ. Даний метод заснований на використанні ПОНК n_A . При цьому модуль m_i , що визначає номер числового інтервалу знаходження НКС, вибирається максимальним із сукупності n можливих інформаційних основ КЛ. Застосування цього методу дозволяє забезпечити повну достовірність

результату контролю даних у КЛ. На підставі даного методу розроблені алгоритми для його реалізації, у відповідності з якими синтезовано патентоспроможні пристрої.

3. Результати досліджень методів діагностики та корекції помилок даних в КЛ показали, що на відміну від коригуючих кодів, які застосовуються у ПСЧ, арифметичні коди в КЛ мають додаткові коригуючі можливості. Так, наявність у НКС одночасно первинної та вторинної інформаційної надмірності в деяких випадках може забезпечити можливість виправлення однократних помилок у КЛ при МКВ, рівній одиниці. Однак для виправлення однократних помилок потрібне проведення додаткових процедур обробки даних. Зокрема, це досягається шляхом застосування додатково до інформаційного резервування ще часового резервування. Ця обставина обумовлює необхідність використання додаткового часу для корекції даних, що знижує загальну ефективність використання коригувальних кодів у КЛ.

4. У дисертації удосконалено метод діагностики в КЛ, заснований на застосуванні ортогональних базисів B_{ij} частинних наборів модулів. Ортогональні базиси B_{ij} утворюються з повної системи основ m_i ($i = \overline{1, n+1}$). Застосування ортогональних базисів B_{ij} дозволяє організувати процес паралельної обробки проєкцій $A_i = (a_1 \| a_2 \| \dots \| a_{i-1} \| a_{i+1} \| \dots \| a_n \| a_{n+1})$ кодової структури $A = (a_1 \| a_2 \| \dots \| a_{i-1} \| a_i \| a_{i+1} \| \dots \| a_n \| a_{n+1})$ у КЛ. Дана обставина дозволяє в n разів підвищити оперативність діагностування даних у КПОД ККВ.

5. Удосконалено метод корекції помилок даних, шляхом урахування природної і штучної інформаційної надмірності кодової структури в КЛ. Це дозволяє виправляти однократні помилки даних при введенні мінімальної кодової (інформаційної) надмірності. Метод ґрунтується на врахуванні величини та місця розташування помилки в довільному лишку числа, що коригується. За рахунок цього процедура виправлення однократних помилок даних здійснюється шляхом організації процесу паралельного виправлення помилок у групі лишків.

Показано, що використання запропонованих методів дозволить в n разів підвищити оперативність проведення процесів діагностики та корекції помилок даних у КПОД ККВ, що функціонують у КЛ, а також дозволить технічно спростити процедуру обробки непозиційних кодових структур.

6. Відповідно до завдань досліджень у дисертації розроблено патентоспроможні пристрої оперативного контролю, діагностики та корекції помилок КПОД ККВ ТКС, що функціонують у класі лишків. Наведено приклади конкретної реалізації процесу контролю, діагностики та корекції помилок, які підтвердили практичну реалізованість розроблених і удосконалених у дисертації методів.

7. Обґрунтування отриманих результатів засновано на коректному застосуванні основних положень теорії електричного зв'язку, теорії складних систем, теорії інформації та кодування, а також теорії чисел.

8. Достовірність отриманих результатів підтверджується коректним використанням фундаментальних положень і результатів відомих теоретичних досліджень при розробці методів та засобів контролю, діагностики та корекції помилок КПОД ККВ ТКС.

9. Наукові та практичні результати дисертаційної роботи доцільно використовувати:

- при проведенні науково-дослідних робіт з розробки методів та засобів контролю, діагностики та корекції помилок КПОД ККВ ТКС, що функціонують у КЛ;
- при проведенні інженерно-конструкторських робіт з модернізації існуючих чи зі створення нових телекомунікаційних систем, орієнтованих на підвищення продуктивності обробки даних у реальному часі;
- при вивченні навчальних дисциплін з теорії систем передачі цифрової інформації.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Міжнародні публікації в збірниках, що входять до міжнародних науково-метричних баз:

1. Mavrina, M.A. Method of operative diagnostic data errors by the computing devices of the processing data in a communication node telecommunications network that are functioning in residue number system [Text] / V.A. Krasnobayev, M.A. Mavrina // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2015. – Випуск 1(110). – С.11-17.

2. Маврина, М.А. Метод повышения достоверности контроля данных, представленных в системе остаточных классов [Текст] / В.А. Краснобаев, С.А. Кошман, М.А. Маврина // Кибернетика и системный анализ. – 2014. – Том 50, №6. – С.167-175.

3. Маврина, М.А. Метод исправления однократных ошибок данных, представленных кодом класса вычетов [Текст] / В.А. Краснобаев, С.А. Кошман, М.А. Маврина // Электронное моделирование. – 2013. – Том 35, №5. – С.43-56.

Статті в наукових фахових виданнях України:

4. Маврина, М.А. Метод контроля данных, представленных в классе вычетов [Текст] / В.А. Краснобаев, А.А. Замула, М.А. Маврина // Прикладная радиоэлектроника. – 2013. – Том 12, №2. – С.342-346.

5. Маврина, М.А. Концепция создания компьютерных средств обработки данных на основе использования кодов класса вычетов [Текст] / В.А. Краснобаев, С.А. Кошман, В.Н. Курчанов, М.А. Маврина // Системи обробки інформації: зб. наук. пр. – 2013. – Випуск 4(111). – С.133-138.

6. Маврина, М.А. Контроль, диагностика и исправление ошибок данных, представленных кодом класса вычетов [Текст] / В.А. Краснобаев, С.А. Кошман,

М.А. Маврина // Системи обробки інформації: зб. наук. пр. – 2013. – Випуск 2(109). – С.48-54.

7. Маврина, М.А. Методы сравнения чисел, представленных в классе вычетов [Текст] / В.А. Краснобаев, В.Н. Курчанов, Е.В. Загуменная, М.А. Маврина // Системи обробки інформації: зб. наук. пр. – 2013. – Випуск 1(108). – С.171-175.

8. Маврина, М.А. Методы и алгоритмы сравнения чисел в классе вычетов на основе использования позиционного признака непозиционного кода [Текст] / В.А. Краснобаев, Е.В. Загуменная, М.А. Маврина // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2012. – Випуск 3(55) – С.111-121.

9. Маврина, М.А. Метод арифметического сравнения чисел в классе вычетов [Текст] / В.А. Краснобаев, С.А. Кошман, Е.В. Загуменная, М.А. Маврина // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка: зб. наук. пр. – 2012. – Випуск 130. – С.72-75.

10. Маврина, М.А. Методы оптимального резервирования в модулярной системе счисления [Текст] / В.А. Краснобаев, С.А. Кошман, М.А. Маврина // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка: зб. наук. пр. – 2012. – Випуск 129. – С.105-108.

ДП України на корисну модель та ДП України на винахід:

11. Пат. № 105455 України, МПК G06F 11/08 (2006.01). Пристрій для контролю даних комп'ютерних пристроїв телекомунікаційної системи, що функціонують у класі лишків [Текст] / В.А. Краснобаєв, С.О. Кошман, О.І. Тиртишніков, С.А. Орищенко, М.О. Мавріна.– № а 2013 07289; заявл. 10.06.2013; опубл. 12.05.2014, Бюл. № 9. – 6 с.

12. Пат. № 105436 України, МПК (2014.01) G06F 11/08 (2006.01) G06F 11/00 G06F 7/72(2006.01) G06F 7/00. Пристрій для контролю та корекції помилок даних комп'ютерних пристроїв комутаційно-комунікаційного вузла телекомунікаційної мережі, що функціонують у класі лишків [Текст] / В.А. Краснобаєв, С.О. Кошман, О.І. Тиртишніков, І.І. Слюсарь, М.О. Мавріна. – № а 2013 00476; заявл. 14.01.2013; опубл. 12.05.2014, Бюл. № 9. – 9 с.

13. Пат. № 105742 України, МПК G06F 11/08 (2006.01). Пристрій для контролю помилок даних у комп'ютерних пристроях комутаційно-комунікаційного вузла інформаційно-телекомунікаційної системи, що функціонують у класі лишків [Текст] / В.А. Краснобаєв, С.О. Кошман, О.І. Тиртишніков, В.М. Курчанов, М.О. Мавріна. – № а 2013 08773; заявл. 12.07.2013; опубл. 10.06.2014, Бюл. № 11. – 8 с.

14. Пат. № 82809 України, МПК G06F 7/08 (2006.01). Пристрій для додавання та віднімання чисел за модулем три в модулярній системі числення [Текст] / В.А. Краснобаєв, Є.О. Сотник, В.І. Барсов, М.О. Мавріна – № и 2013 02029; заявл. 19.02.2013; опубл. 12.08.2013, Бюл. № 15. – 5 с.

15. Пат. № 79673 України, МПК G06F 11/08 (2006.01). Пристрій для контролю даних комп'ютерних пристроїв телекомунікаційної системи, що функціонують у класі лишків [Текст] / В.А. Краснобаєв, С.О. Кошман, О.І. Тиртишніков, Є.М. Бульба, М.О. Мавріна. – № у 2012 13145; заявл. 19.11.2012; опубл. 25.04.2013, Бюл. № 8. – 7 с.

16. Пат. № 79587 України, МПК G06F 7/04 (2006.01). Пристрій для порівняння даних, що представлені у непозиційній системі числення класу лишків [Текст] / В.А. Краснобаєв, С.О. Кошман, О.І. Тиртишніков, Ю.В. Уткін, М.О. Мавріна – № у 2012 12654; заявл. 05.11.2012; опубл. 25.04.2013, Бюл. № 8. – 9 с.

Статті у збірниках за матеріалами конференцій:

17. Мавріна, М.А. Метод повышения оперативности процесса диагностики ошибок данных компьютерных устройств коммутационно-коммуникационного узла телекоммуникационной сети, функционирующих в классе вычетов [Текст] / М.А. Мавріна // III Международная научно-техническая конференция «Современные направления развития информационно-коммуникационных технологий и средств управления»: материалы докладов. – Харьков, 2013. – С. 16.

18. Мавріна, М.А. Метод повышения достоверности контроля данных компьютерных устройств коммутационно-коммуникационного узла телекоммуникационной сети, функционирующих в классе вычетов. [Текст] / М.А. Мавріна // IX Наукова конференція «Новітні технології – для захисту повітряного простору»: матеріали докладов. – Харьков, 2013. – С.190.

19. Мавріна, М.А. Метод исправления ошибок данных компьютерных устройств коммутационно-коммуникационного узла телекоммуникационной сети, функционирующих в классе вычетов [Текст] / М.А. Мавріна // II Міжнародна науково-технічна конференція «Інформаційні проблеми теорії акустичних, радіоелектронних і телекомунікаційних систем IPST-2013»: матеріали докладов. – Алушта, 2013. – С.34-35.

20. Мавріна, М.А. Метод повышения достоверности контроля данных в классе вычетов [Текст] / М.А. Мавріна // II Международная научно-техническая конференция «Проблемы информатизации»: материалы докладов. – Киев, 2014. – С. 95.

21. Мавріна, М.А. Методы контроля, диагностики и исправления ошибок данных в компьютерных устройствах коммутационно-коммуникационного узла телекоммуникационной системы в классе вычетов [Текст] / М.А. Мавріна // 27-я международная научно-техническая конференция «Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте»: материалы докладов. – Харьков, 2014. – С. 29-32.

22. Мавріна, М.А. Анализ структуры коммутационно-коммуникационного узла телекоммуникационной сети [Текст] / М.А. Мавріна // V Міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління»: матеріали докладов. – Харьков, 2015. – С. 42.

АНОТАЦІЯ

Мавріна М.О. Методи і засоби контролю, діагностики та корекції помилок пристроїв обробки даних на основі класу лишків. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі. – Український державний університет залізничного транспорту, Харків, 2015.

В дисертаційній роботі вирішується науково-технічна задача – розробка методів і засобів контролю, діагностики та корекції комп'ютерних пристроїв обробки даних комутаційно-комунікаційного вузла телекомунікаційної системи, що функціонують у класі лишків.

Мета роботи – підвищення достовірності та оперативності контролю, діагностики та корекції помилок даних комп'ютерних пристроїв комутаційно-комунікаційного вузла телекомунікаційної системи, що функціонують у класі лишків.

У дисертаційній роботі уперше отримано метод контролю у класі лишків, який засновано на використанні позиційного однорядового коду за максимальною інформаційною основою, що дозволяє підвищити достовірність контролю даних. У роботі вдосконалено метод діагностики у класі лишків, який базується на визначенні частинних ортогональних базисів, що дозволяє підвищити оперативність діагностики даних та метод корекції однократних помилок у класі лишків, заснований на визначенні величини та місцезнаходження помилки у залишку числа, що дозволяє підвищити оперативність корекції помилок даних.

Ключові слова: клас лишків, комп'ютерні пристрої обробки даних, позиційний однорядовий код, оперативність контролю даних, достовірність контролю даних, діагностика помилок даних, корекція помилок даних.

АННОТАЦИЯ

Маврина М.А. Методы и средства контроля, диагностики и коррекции ошибок устройств обработки данных на основе класса вычетов. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.02 – телекоммуникационные системы и сети. – Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, Харьков, 2015.

Диссертационная работа посвящена разработке методов и средств оперативного и достоверного контроля данных, а также усовершенствованию методов диагностики и коррекции ошибок устройств обработки данных телекоммуникационной системы (ТКС), функционирующих в классе вычетов (КВ).

В работе впервые получен метод достоверного и оперативного контроля в классе вычетов, который, в отличие от известных, основан на использовании

позиционного однорядового кода, путем использования максимального информационного основания. Использование предложенного метода позволяет повысить достоверность контроля данных компьютерных устройств коммутационно-коммуникационного узла телекоммуникационной системы. Усовершенствован метод диагностики в классе вычетов, который основан на определении частных ортогональных базисов, путем совмещения во времени процессов анализа проекций диагностируемого числа, что позволяет повысить оперативность диагностирования данных компьютерных устройств коммутационно-коммуникационного узла телекоммуникационной системы. Усовершенствован метод коррекции однократных ошибок в классе вычетов, основанный на учете величины и местоположения ошибки в остатке числа, путем организации процесса параллельного исправления ошибок в группе остатков контролируемого числа, что позволяет повысить оперативность коррекции ошибок данных компьютерных устройств коммутационно-коммуникационного узла телекоммуникационной системы.

Ключевые слова: класс вычетов, компьютерные устройства обработки данных, позиционный однорядовый код, оперативность контроля данных, достоверность контроля данных, диагностика ошибок данных, коррекция ошибок данных.

ABSTRACT

Mavrina M.A. Methods and tools of control, diagnostic and correction errors by computing devices of processing data, that are functioning in residue number system. – Manuscript.

Dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences on specialty 05.12.02 – telecommunication systems and networks. – Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkov, 2015.

The thesis is solved scientific and technical challenge – developing methods and tools of control, diagnostics and correction of computer data device communication switching-node of the telecommunication system in residue classes.

The purpose of work is to improve the reliability and efficiency of control, diagnostics and error correction data computing devices communication switching node of the telecommunication system that are functioning in residue number system. In the thesis received first control method in residue classes, which is based on the use of positional single-row code on the basis of maximum information that can improve the reliability of control data. The work improved diagnostic method in residue classes, based on the definition of fractional orthogonal basis, thus enhancing the efficiency of diagnostic data and a correction of single errors in residue classes, based on determining the size and location of the error in the residue numbers that can improve the efficiency of error correction data.

Key words: residue class, computing devices of processing data, the positional single-row code, efficiency of data control, reliability of data control, diagnostics of data errors, correction of data errors.

МАВРІНА МАРИНА ОЛЕКСІЇВНА

УДК 621.391

**МЕТОДИ І ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ, ДІАГНОСТИКИ ТА КОРЕКЦІЇ
ПОМИЛОК ПРИСТРОЇВ ОБРОБКИ ДАНИХ НА ОСНОВІ КЛАСУ
ЛИШКІВ**

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Підписано до друку «19» жовтня 2015 р.
Формат паперу 60x90/16. Папір офсетний.
Умовн.-друк.арк. 0,9.
Тираж 100. Замовлення № 115.

Видавець Шевченко Р.В.
36000, Полтава, вул. Остроградського, 2
тел. (0532) 502-708
050 346 23 75
Свідоцтво серія ДК №1139 від 04.12.2002 р.