

## ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора, професора кафедри комп'ютеризованих систем автоматики НУ "Львівська політехніка",  
Мичуди Зиновія Романовича  
на дисертаційну роботу Возної Наталії Ярославівни на тему  
"Теорія, методи та засоби структуризації поліфункціональних даних у розподілених комп'ютерних системах",  
подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю  
05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти

### **1. Актуальність теми дисертації.**

Сучасна тенденція до впровадження комп'ютеризованих систем у найрізноманітніші сфери діяльності людини супроводжується ростом складності цих систем і надзвичайним збільшенням потоків інформаційних повідомлень, що охоплюють фізичні, логічні та віртуальні дані, так звані поліфункціональні дані (ПФД). Покращення характеристик комп'ютеризованих систем нерозривно пов'язане з удосконаленням їх компонентів, що, у свою чергу, вимагає створення нових структурних рішень апаратно-програмних засобів з поліфункціональними характеристиками та розроблення методів оцінки структурної складності та ефективності ПФД для удосконалення системних характеристик цих структурних рішень.

В Україні та світовому просторі практично відсутній узагальнений підхід до проблеми розробки теоретичних основ, методології, методів аналізу та вдосконалення структурної організації ПФД у розподілених комп'ютеризованих системах і кіберфізичних системах. Тому дисертаційна робота Возної Н.Я., що присвячена даній проблемі, безсумнівно є актуальною.

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

Представлена дисертаційна робота Возної Н.Я. відповідає науковому напряму кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем Тернопільського національного економічного університету і пов'язана з планами наукових досліджень, що виконувались в рамках науково-дослідних робіт: "Розробка теорії та комп'ютерних засобів спеціалізованих комп'ютерних систем на основі теоретико-числових базисів Крестенсона-Галуа" (2007-2012, номер державної реєстрації 0106U012530), "Розробка теоретичних засад методів формування та цифрового опрацювання даних у розподілених спеціалізованих комп'ютерних системах" (2013-2018, номер державної реєстрації 0112U008458) та госпдоговірних тем, пов'язаних з розробкою алгоритмів, методів та засобів розпізнавання збурень у високовольтних електромережах, де автор виконувала обов'язки відповідального виконавця: № СКС-40-2012 "Розробка алгоритмів функціонування захистів електропередач за коротких замикань на основі теорії кореляційних функцій" (2012-2013рр., номер державної реєстрації 0112U007886), № СКС-54-2013 "Розробка математичного забезпечення захисту ліній електропередач номінальною напругою 6-35 кВ на основі теорії розпізнавання сигналів" (2013-2014рр., номер державної реєстрації 0113U007679), № СКС-67-

2014 "Розробка теоретичних засад та алгоритмів ідентифікації запусків потужних електроприводів у високовольтних ЛЕП на основі теорії розпізнавання образів" (2014-2015рр., номер державної реєстрації 0115U002340), № СКС-48-2015 "Розробка структурної схеми та компонентів дослідного взірця пристрою розпізнавання накидів та коротких замикань на землю у високовольтних ЛЕП" (2015-2016рр., номер державної реєстрації 0116U006790), № СКС-70-2016 "Авторський нагляд за розробкою схемних рішень та випробувань дослідних взірців пристрою релейного захисту в мережах 6-10 кВ" (2016-2017рр., номер державної реєстрації 0117U000141); розробкою системи моніторингу квазістаціонарних об'єктів: № СКС-49-2016 "Розробка теорії, методології та алгоритмів структуризації образно-кластерних моделей моніторингу станів електричних підстанцій високовольтних ЛЕП" (2016-2017рр., номер державної реєстрації 0116U006792) та реалізацією мікроелектронних компонентів кіберфізичних систем: № СКС-50-2017 "Розробка та реалізація мікропроцесорного струмового захисту ліній електропередач 6-35 кВ" (2017-2018рр., номер державної реєстрації 0117U005103), № СКС-42-2019 "Проектування на ПЛІС мікроелектронних компонентів пристрою релейного захисту" (2019-2020 рр., номер державної реєстрації 0119U103069).

Тематика дисертаційного дослідження відповідає пріоритетним напрямкам розвитку науки і техніки на період до 2020 року (статті 3 Закону України "Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки"), які визначені Верховною Радою України та Наказом МОН України №1446 від 28.12.2018 року.

## **2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій.**

Наукові положення, висновки і рекомендації дисертаційної роботи Возної Наталії Ярославівни обґрунтовані на належному рівні коректним використанням математичного апарату, підкріплені реалізацією нових методів та системи критеріїв оцінки структурної складності, що дало можливість підвищити ефективність мікроелектронних компонентів формування, перетворення, передавання, опрацювання та використання поліфункціональних даних, ефективним практичним впровадженням результатів дисертаційних досліджень, яке продемонструвало відповідність теоретичних досліджень реальним результатам.

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані чітко та логічно впливають із результатів, які отримані за допомогою викладок з коректним використанням принципів теорії інформації, теорії складних систем, теорії ймовірностей, теорії сигналів, теорії розпізнавання образів, теорії чисел, теорії джерел інформації, технології проектування мікроелектронних компонентів на ПЛІС.

Наукові положення, висновки та рекомендації, які сформульовані в дисертаційній роботі Возної Н.Я., стосуються розроблення теорії, методів та засобів структуризації поліфункціональних даних у розподілених комп'ютерних системах.

Відзначаю, що наукові положення та рекомендації висновків до всіх розділів дисертаційної роботи та загальних висновків до дисертаційної роботи сформульовано науково обґрунтовано і логічно за результатами аналізу,

узагальнення відомих та отриманих нових результатів, теоретичних досліджень, а також експериментальних досліджень запропонованих компонентів мікропроцесорних засобів кіберфізичних систем.

### **3. Достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій.**

Достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій підтверджується повнотою розгляду об'єкта дослідження та застосування адекватних предмету дослідження методів, відповідністю методології дослідження поставленій проблемі, повнотою розгляду на теоретичному та експериментальному рівнях об'єкта дослідження. Достовірність забезпечується також коректною постановкою проблеми, мети та наукових задач дисертаційного дослідження, які послідовно та аргументовано розв'язуються.

Достовірність і обґрунтованість результатів базується на використанні фундаментальних принципів теорії інформації, теорії складних систем, теорії чисел, теорії проектування розподілених комп'ютеризованих систем управління, методів синтезу і аналізу цифрових схем, методів та засобів проектування цифрових систем на кристалі.

Достовірність результатів базується на успішній апробації отриманих результатів на 37 Міжнародних та Всеукраїнських наукових конференціях (в тому числі, матеріали яких індексуються в наукометричних базах Scopus та Web of Science).

Достовірність теоретичних та практичних результатів підтверджується успішним впровадженням отриманих рішень у навчальний процес Тернопільського національного економічного університету та на підприємствах "Стріла" (м.Тернопіль), "Енерготех НГ" (м.Калуш), "Лорта" (м.Львів), "Зонд" (м.Івано-Франківськ), Інститут мікропроцесорних систем керування об'єктами електроенергетики (м.Львів),.

### **4. Наукова новизна одержаних результатів.**

Наукова новизна досліджень полягає у вирішенні актуальної науково-технічної проблеми - розвитку теорії, методології та удосконалення структур поліфункціональних обчислювальних засобів шляхом розроблення теорії та практичної реалізації методів оцінки та вдосконалення теорії структурної складності поліфункціональних даних на основі запропонованих критеріїв оцінки структурної складності компонентів кіберфізичних систем. Вирішення даної проблеми має важливе значення для проектування мікропроцесорних засобів на технологічних рівнях розподілених комп'ютеризованих систем.

У дисертаційній роботі Возної Н.Я. отримані наступні наукові результати:

1) вперше розроблена концепція структуризації поліфункціональних даних, яка дала змогу чітко визначити задачі теорії структуризації даних в інформаційних системах, комп'ютерних та комп'ютеризованих мережах;

2) вперше узагальнені існуючі та розроблені нові критерії оцінки структурної складності поліфункціональних даних, які дали змогу покращити результати синтезу системних характеристик компонентів кіберфізичних систем;

3) вперше розроблено метод структуризації поліфункціональних даних у кодових системах Радемахера, Радемахера-Крестенсона та Хаара-Крестенсона,

який дав змогу зменшити обчислювальну складність та підвищити швидкодію алгоритмів цифрового опрацювання даних;

4) вперше розроблено метод перетворення кодів пікселів кольорових зображень у RGB-системі кольороутворення шляхом їх кодування у системі залишкових класів та базисі Хаара-Крестенсона, що у порівнянні з існуючим методом кодування пікселів у двійковій системі числення, дав змогу перевести коди пікселів з трьохвимірної кодової системи в одновимірну;

5) вперше розроблено метод розпізнавання збурень у високовольтних ЛЕП на основі інтегрально-диференціального опрацювання гармонічних сигналів, що у порівнянні з існуючими методами, дає змогу здійснити ідентифікацію типів збурень інваріантних до порогових змін амплітуд фазових струмів у лініях електропередач та підвищити швидкість розпізнавання збурень типу накидів, коротких замикань та запуску потужних електроприводів;

6) вперше розроблено метод моніторингу станів квазістаціонарного об'єкта та запропоновано характеристичний функціонал цифрового опрацювання параметрів технологічного процесу та побудови моделі у вигляді образно-кластерного відображення, що дав змогу зменшити структурну складність відображення відхилень станів об'єктів від норми та підвищити швидкість реакції операторів комп'ютеризованої системи при виникненні нештатних ситуацій;

7) удосконалено метод синтезованого формування алфавітно-цифрових даних шляхом запропонованого двохпозиційного формування компонентів символів, що дало змогу структурно та функціонально розширити процеси їх формування та передавання з підвищеним криптозахистом.

Наукові результати, отримані Возною Н.Я. в дисертаційній роботі на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, не внесені у докторську дисертацію, що представлена до захисту.

## **5. Практичне значення результатів та рекомендації щодо їх подальшого використання.**

Практичне значення дисертаційної роботи Возної Н.Я. полягає у розробленні та реалізації структурних рішень елементів і функціональних компонентів складних РКС і кіберфізичних систем. До запропонованих компонентів відноситься швидкодіючий мультибазисний АЦП паралельного типу на основі парафазних компараторів з розширеними функціональними можливостями, який формує вихідні коди у базисах Радемахера та Хаара-Крестенсона. Удосконалені структурні рішення однорозрядних неповних та повних, комутованих та некомутованих суматорів з однофазними прямими, інверсними та парафазними вхідно-виходами, а також багаторозрядних суматорів пірамідального типу та з прискореними переносами з гранично міні-максними характеристиками структурної, апаратної та часової складності. Розроблені структури матричних та багаторозрядних потокових перемножувачів, які характеризуються розширеними функціональними можливостями та зменшеною структурною складністю. Розроблена структура мікроелектронного пристрою релейного захисту високовольтних ліній електропередач, який дає змогу розпізнавати накиди, короткі замикання та запуски потужних електроприводів. Удосконалена структура протоколів обміну даними в мережах низових рівнів кіберфізичних систем.

Теоретичні та практичні результати роботи впроваджено в Інституті мікропроцесорних систем керування об'єктами електроенергетики (м.Львів), конструкторському бюро "Стріла" (м.Тернопіль), в управлінні поліції охорони Тернопільської обл., на підприємстві "Енерготех НГ" (м.Калуш), на Львівському державному заводі "Лорта" (м.Львів), на науково-виробничій фірмі "Зонд" (м.Івано-Франківськ) та в освітньому процесі Тернопільського національного економічного університету при викладанні дисциплін: "Проектування комп'ютеризованих систем управління", "Основи метрології", "Комп'ютерна криптографія", "Теорія автоматичного управління", "Синтез цифрових систем керування", "Засоби автоматизації вимірювань, контролю та діагностики".

Результати експериментальних досліджень, а також правильність наукових положень теорії структуризації поліфункціональних даних, підтверджують ефективність застосування критеріїв оцінки структурної та інформаційно-структурної складності поліфункціональних даних, оскільки дали змогу побудувати ефективні рішення програмно-апаратних засобів формування, перетворення, передавання, опрацювання, зберігання, відображення та використання структуризованих ПФД.

Результати досліджень можуть бути рекомендовані до впровадження при створенні моніторингових систем об'єктів різних галузей промисловості та ІТ-компаніях для удосконалення системних характеристик та підвищення швидкодії мікропроцесорних засобів.

## **6. Оцінка змісту дисертаційної роботи.**

Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел із 389 найменувань на 41 сторінці і 25 додатків на 146 сторінках. Загальний обсяг дисертації становить 524 сторінки, основний текст – 298 сторінок, які включають 133 рисунки та 54 таблиць.

**Вступ** дисертаційної роботи присвячено обґрунтуванню актуальності тематики дослідження, окреслено науково-технічну проблему, визначено об'єкт, предмет, мету та завдання дослідження; виділено наукові задачі, наукову новизну та практичну цінність одержаних результатів; вказано на зв'язок роботи з науковими програмами і науково-дослідними роботами за місцем виконання роботи та надано інформацію щодо публікацій та апробації результатів досліджень.

У **першому розділі** виконаний аналіз стану, напрямки вдосконалення та тенденції розвитку теорії, методів та засобів РКС. Здійснено аналіз зарубіжних та вітчизняних робіт з теоретичних основ розробки інформаційних технологій та побудови РКС. Систематизовані компоненти архітектур дистрибутивних та корпоративних РКС, на основі яких показана актуальність вирішення задач структуризації даних в РКС, проаналізовані характеристики інформаційних процесів цифрового опрацювання даних на основі онтологічних моделей в існуючих системах.

Розроблена концепція структуризації даних, яка охоплює теоретичні основи, методи та програмно-апаратні засоби формування, перетворення, передавання, опрацювання, зберігання, відображення та використання ПФД у складних РКС.

Здійснена постановка завдань дослідження.

У **другому розділі** визначено типи поліфункціональних даних, які використовуються при обміні інформаційними потоками між компонентами РКС. Запропоновані нові критерії оцінки структурної складності у вигляді зваженої суми структурних характеристик та врахування інформативних характеристик структур. Розроблений характеристичний функціонал контролю стану ОУ з більш повною інформаційною ємністю у порівнянні з відомими, які застосовуються для моніторингу станів складних квазістаціонарних об'єктів.

Розроблені теоретичні основи та досліджені системні характеристики базисних ортогональних функцій різних ТЧБ, зокрема Фур'є, унітарного, Хаара, Радемахера, Крестенсона та Галуа, які застосовуються для кодування ПФД у середовищі інтерфейсних взаємодій компонентів РКС.

Проведений аналіз методів ентропійного опрацювання структуризованих даних на основі оцінок мір ентропії, запропонованих Р.Хартлі, К.Шенноном, Я.Николайчуком. Результати проведених автором досліджень склали основу синтезу високопродуктивних процесорів визначення ентропії з глибоким розпаралеленням обчислювальних процесів.

У **третьому розділі** розроблені основи теорії структуризації поліфункціональних компонентів складних комп'ютерних систем, здійснений диференційний аналіз елементів структур складних систем, визначені класи елементів у якості елементарних структурних одиниць складних обчислювальних і мережевих середовищ і розроблені теоретичні основи кодування структуризованих даних в унітарному, Радемахера, Крестенсона, Радемахера-Крестенсона та Хаара-Крестенсона теоретико-числових базисах.

Розроблені методи кодування пікселів кольорових зображень у базисах Радемахера-Крестенсона та Хаара-Крестенсона. Розраховані набори взаємно-простих модулів для RGB-стандарту колірному простору Adobe RGB, колірної шкали ColorChecker SG.

Удосконалений спосіб криптозахисту ПФД в ТЧБ Галуа на основі запропонованого методу шифрозахисту окремих RGB-пікселів кольорових зображень, представлених кодами Радемахера, Радемахера-Крестенсона та Хаара-Крестенсона з використанням зазначених методів.

Як базовий метод криптозахисту кодів RGB-пікселів автором застосований метод на основі процедур хешування окремих розрядів їх кодів та логічного додавання до бітів генерованих послідовностей Галуа.

У **четвертому розділі** розроблені теоретичні засади методів структурних перетворень гармонічних сигналів. Запропонований інтегрально-диференціальний метод розпізнавання збурень у високовольтних електромережах шляхом квадратичного перетворення структури гармонічних сигналів та накопичення інтегралу модульних різниць фазних струмів зсунутих на інтервал пів періода промислової частоти. Розроблені структури решітчатих функцій для формалізації координат цифрових даних перехідних процесів. Розроблені дискретні моделі коротких замикань в електромережах з експоненціальним спадом струму на інтервалі часу пів періода та чверть періода промислової частоти.

На основі теоретичних засад запропонованого методу сформульовано алгоритм розпізнавання сигналів промислової частоти та ідентифікації типів збурень.

У п'ятому розділі запропонований метод побудови образно-кластерної моделі контролю квазістаціонарних технологічних процесів на основі розробленого функціоналу станів технологічного процесу, який дав змогу розпаралелити обчислювальні процеси розрахунку параметрів та відобразити на моніторі оператора стан об'єкту контролю у вигляді структур образно-кластерних моделей, які ідентифікують стани норми, розвитку аварії та аварії.

Побудовані порівняльні діаграми оцінок структурної складності аналітичних виразів розрахунку моделей, алгоритмів реалізації моделей, порівняльних таблиць виявлення та ідентифікації нештатних станів технологічного процесу, структур систем моніторингу та контролю та образно-кластерної моделі. В результаті автором доведено, що структурна складність розробленої образно-кластерної моделі дозволяє суттєво зменшити об'єми реєстрованих інформаційних даних, а також підвищити швидкодію реакції оператора при виникненні нештатних ситуацій.

**Шостий розділ** присвячено реалізації нових структурних рішень програмно-апаратних засобів формування, перетворення, передавання, опрацювання, зберігання, відображення та використання структуризованих ПФД на основі запропонованих методів. Зокрема розроблені та досліджені швидкодіючі АЦП паралельного типу, однорозрядні неповні та повні суматори, багаторозрядні пірамідальний і з прискореним переносом суматори, багаторозрядні матричний та потоковий перемножувачі, пристрій для визначення ентропії згідно інформаційної міри К.Шеннона з покращеними характеристиками структурної, апаратної та часової складностей, наближених до міні-максимих оцінок, у порівнянні з відомими пристроями. Слід відзначити, що АЦП є базовими компонентами мікроконтролерів. Тому удосконалення їх структури та покращення системних характеристик є важливими показниками їх успішного застосування у відповідності до вимог мікроелектронної реалізації. Автором запропоновано вирішення задачі вдосконалення АЦП паралельного типу з вихідними кодами Хаара-Крестенсона та мультибазисного АЦП з вихідними кодами Радемахера та Хаара-Крестенсона, які характеризуються значним зменшенням структурної та апаратної складностей та підвищенням у 2 рази швидкодії у порівнянні з відомими АЦП.

Експериментальні дослідження підтвердили теоретичні положення, що лягли в основу дисертаційної роботи.

**Висновки** в дисертаційній роботі сформульовані чітко і повністю відображають отримані результати. За своїм рівнем висновки відповідають вимогам, що висуваються до наукових результатів докторської дисертації.

**Список використаних джерел** охоплює предметні галузь на достатньому рівні та відображає опрацювання автором значної кількості сучасних джерел.

У **додатках** автор, поряд з актами впровадження та відповідними розрахунками, подає поглиблену інформацію, що по суті є практичним доповненням та продовженням дисертаційної роботи.

## **7. Стил ь, оформлення дисертації, автореферату. Повнота викладення наукових положень, висновків та рекомендацій у публікаціях та відповідність спеціальності.**

Дисертаційна робота Возної Н.Я. оформлена у відповідності до вимог "Порядку присудження наукових ступенів" щодо дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук. Робота викладена формально-логічним способом. Автор використовує логічні зв'язки, що вказують на послідовність розвитку думки. Всі частини роботи взаємопов'язані, а структура – логічна. Стил істичне оформлення дисертаційної роботи виконано на належному науковому рівні.

Зміст автореферату ідентичний основним положенням дисертаційної роботи.

Основні положення та найважливіші результати дисертації опубліковані в необхідному обсязі у фахових наукових виданнях України та закордонних виданнях, пройшли відповідну апробацію на 37 наукових конференціях. За темою дисертації опубліковано 107 наукових праць, з них 5 монографій (1 - одноосібна), 20 праць входять в міжнародну наукометричну базу SCOPUS, 1 навчальний посібник у співавторстві, 25 статей фахових наукових виданнях України (з них 8 одноосібних), 8 статей у закордонних періодичних наукових виданнях, 5 статей у наукових журналах, 17 патентів України (5 патентів на винаходи, 12 – на корисні моделі), 48 доповідей в тезах і матеріалах міжнародних і національних конференцій.

Дисертація за змістом та отриманими науковими результатами відповідає паспорту спеціальності 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти, зокрема п.1 "Теоретичні основи створення та вдосконалення високоефективних технічних і програмних компонентів комп'ютерних систем і мереж загального та спеціального призначення, розподілених систем та їх компонентів відповідно до різних ієрархічних рівнів їх організації й умов експлуатації", п. 2 "Методи та засоби забезпечення ефективності, надійності, контролю, діагностики, визначення параметрів, відлагодження, випробування, а також проектування високоефективних, надійних, придатних для контролю та діагностики комп'ютерних систем і мереж, їх пристроїв і компонентів", п.5 "Теоретичні засади, методологічні, алгоритмічні та програмно-апаратні засоби опрацювання інформації, представленої формалізованими знаннями та природомовними об'єктами".

## **8. Зауваження до змісту дисертації та автореферату.**

1. Авторка недостатньо уваги надала стислому викладу висновків. Так, громіздкі висновки: п.8 і п. 9 стор. 333 і 334; п. 5 стор. 215, 216; п.1 стор. 127, 128.
2. У роботі говориться про "реалізовані у мікроелектронному виконанні структурні рішення" (сторінки 49, 257, 324, 334). Це не коректно.
3. Підрозділ 3.4 присвячений розробленню методів поліфункціональної структуризації пікселів кольорових зображень. У вступній частині пп. 3.4.1.1, 3.4.1.2, 3.4.2.1 - 3.4.2.7 наводяться з відповідними посиланнями дані відомих досліджень, зокрема, роботи [261] В.А. Мельника. Їх слід було подати у першому розділі.
4. На стор. 100, 101 у таблиці 2.4 структури КСУ 3, 4 і 5 показано занадто спрощено (тільки ОУ, Оператор і Р-процесор). Це фактично ручне керування. Тому їх коефіцієнт складності ( $K_c$ ) буде заниженим.



5. У першому розділі дисертаційної роботи на стор. 85 та у авторефераті на стор. 9 приведена узагальнена схема функцій концепції структуризації даних. Не визначені та не конкретизовані подальші перетворення структуризованих даних, що знижує розуміння ефективного застосування концепції у сучасних ІТ-технологіях.

6. У дисертаційній роботі у підрозділі 3.4.3 запропоновано метод переведення тривимірних кодів пікселів в одновимірні в базисі Хаара-Крестенсона, але не зрозуміло та не пояснено який позитивний ефект при цьому отримано.

7. У третьому розділі дисертаційної роботи, зокрема п.3.4.5 запропоновано метод криптозахисту пікселів кольорових зображень у базисах Радемахера та Хаара-Крестенсона, але не досліджені умови їх завадозахищеності та криптозахисту.

8. В АЦП, які використовуються для опрацювання вимірювальних сигналів з широким діапазоном зміни амплітуд, окрім лінійного кодування, що потребує великої розрядності вихідних кодів, застосовується ще й логарифмічне кодування. Проте у дисертаційній роботі дослідження логарифмічного кодування не здійснено, а проведено лише аналіз структур і системних характеристик лінійних АЦП паралельного типу. Причому досліджено лише структури АЦП з матрицями взірцевих резисторів і практично не досліджені структури з конденсаторними матрицями.

9. Авторка не дотримується єдності термінології: 1)  $F_c$  – інформаційна складність пристрою на стор. 96; 2)  $F_c$  – інформативність системи управління на стор. 222; 3)  $F_c$  - інформаційно-структурна складність на стор. 244, 245.

Окрім того, вираз для  $F_c$  не наведено. Про  $F_c$  треба здогадуватися з виразу для коефіцієнта ефективності (2.2).

10. Авторка стверджує, що "об'єм інформаційних даних зменшується не менше, ніж на 2 порядки", а з рис.5.6 цього не видно (стор. 241).

11. На стор. 249-254 наводиться структура та розрахунки системи, розробленої згідно запропонованого способу контролю параметрів технологічних процесів (патент України на корисну модель 107039), а суть способу не сформульовано.

12. Структурні схеми відомого (рис.6.34 на стор. 303) і запропонованого (рис.6.35) матричних помножувачів однакові.

13. Авторка вживає застарілі позначення логічних елементів, що не відповідає сучасним міжнародним позначенням згідно ІЕС. Причому, наприклад, на рис.6.1 та рис.6.2 (стор. 259) одні і ті ж логічні елементи мають різні позначення.

14. У тексті дисертації мають місце неточності:

- термінологічні – "телепортація" (стор. 318) замість телепередача, "Виключаюче І" (стор. 259), "аналітика" (стор. 115) замість аналітичні залежності й інші;
- стилістичні – "дозволяють" замість дають змогу, "неділимого" замість неподільного, на стор. 257 у Розділі 6 наведено повтор переліку поставлених у Розділі 1 дисертації задач тощо.

Вказані зауваження не стосуються концептуальних засад дисертації і тому не впливають на загальну позитивну оцінку роботи

## 9. Загальні висновки.

Основні положення дисертаційної роботи в достатній мірі висвітлені в опублікованих працях.

Зміст автореферату повністю відповідає змісту дисертації.

У дисертації не використовуються матеріали та висновки кандидатської дисертації здобувача.

Оформлення дисертації та автореферату відповідає вимогам МОН України.

В цілому, на підставі вищевказаного, за обсягом виконаних досліджень, новизною, науковою і практичною значимістю отриманих результатів, дисертаційна робота Возної Наталії Ярославівної "Теорія, методи та засоби структуризації поліфункціональних даних у розподілених комп'ютерних системах" є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить нові науково обгрунтовані результати вирішення актуальної науково-технічної проблеми розвитку теорії, методології та удосконалення структур поліфункціональних обчислювальних засобів, які є компонентами складних комп'ютерних систем, на основі вдосконалення структурної організації поліфункціональних даних.

Таким чином, за сукупністю пізнавальних якостей дисертацію Возної Н.Я. можна вважати такою, що відповідає вимогам пп. 9, 10, 12 "Порядку присудження наукових ступенів" та паспорту спеціальності 05.13.05 – "Комп'ютерні системи та компоненти", а її автор, Возна Наталія Ярославівна, заслуговує на присудження їй наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.05 - комп'ютерні системи та компоненти.

Офіційний опонент

професор кафедри комп'ютеризованих систем автоматички  
Національного університету "Львівська політехніка",  
доктор технічних наук, професор

З.Р. Мичуда

Підпис професора Мичуди З.Р. засвідчую.

Вчений секретар Національного університету  
"Львівська політехніка"



Р.Б. Брилинський