

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію **ТУРУКАЛА Андрія Валерійовича**
на тему: «**Дискретні шкальні засоби індикації вбудованих систем**»,
подану на здобуття ступеня доктора філософії
за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки»

Актуальність теми дослідження. Невпинна модернізація науково-технічних засобів збору, обробки та передачі даних постійно стимулюється зростаючими потребами підприємств в автоматизації складних функціональних багаторівневих систем керування технічними процесами і об'єктами та підвищенням вимог до їх точності та швидкодії. Кожного року обсяги інформації, що обробляються в інформаційно-вимірювальних комплексах, зростають. В більшості випадків розробники таких систем зосереджені на вирішенні проблем вдосконалення апаратної частини інформаційно-комунікаційних засобів. Однак, деякі зовнішні впливи на технічну систему та багатоваріантність можливих шляхів досягнення оптимального результату вимагають наявності людини-оператора для управління складними технологічними об'єктами та процесами. В сучасних ергатичних вимірювальних та керуючих системах високий рівень відповідальності людини за прийняті рішення при постійному зростанні потоку інформації, визначає особливу увагу до функціональної реалізації передачі системних повідомлень оператору. Для побудови людино-машинного інтерфейсу необхідний системний підхід, який інтегрує комплексну оптимізацію апаратних та програмних рішень і підвищення ефективності візуального каналу виведення даних в складних умовах експлуатації спеціалізованого інформаційного обладнання.

Успішна реалізація загальних принципів створення спеціалізованих та універсальних апаратних платформ інформаційних технологій виводу даних з високим рівнем технічних та ергономічних параметрів стала можливою завдяки активному прогресу оптоелектроніки в останні роки. Використання оптичних та цифрових методів обробки сигналів забезпечило ефективність передачі повідомлень оператору в ергатичних системах. Серед різних типів засобів представлення інформації група пристроїв дискретно-аналогового (шкального) виведення даних до користувача має високий рівень комплексу

ергономічних характеристик та суттєвий потенціал. Оптиелектронні шкальні індикаторні пристрої з унікальним комплексом ергономічних, електрооптичних та технічних характеристик використовуються в широкому колі систем різного призначення, де необхідна висока швидкість сприйняття інформації, наочність та простота. Особливо це стосується рішень на основі світлодіодних джерел світла. Основою функціонування цих пристроїв є реалізація інформаційної моделі, що встановлює систему правил кодування повідомлень. Широке поширення шкальної індикації в системах відображення інформації різного призначення, від побутової техніки до унікальних спеціалізованих пристроїв, призвело до виникнення великої кількості технічних рішень з відповідними функціональними та технічними характеристиками. З огляду на зазначене, можна констатувати, що існує потреба в комплексному дослідженні шкальної індикації в ергатичних системах для створення універсальної апаратно-програмної системи обробки даних різного призначення.

Про актуальність обраної теми дисертаційного дослідження А. В. Турукала свідчить також її *зв'язок з науковими програмами, планами, темами, грантами*. Наукове дослідження виконане у межах науково-дослідної роботи № 110/1м-пр-2021 від 22 січня 2021 року «Стратегія цифрової трансформації економіки України як інструменту забезпечення соціально-економічного розвитку та національної безпеки»; розділу 1 Основних наукових напрямів та найважливіших проблем фундаментальних досліджень у галузі природничих, технічних, суспільних і гуманітарних наук Національної академії наук України на 2019–2023 роки, затверджених Постановою Президії НАН України від 30 січня 2019 року № 30.

За результатами аналізу дисертації та наукових публікацій здобувача, зарахованих за темою роботи, можна стверджувати, що наукова праця оформлена згідно нормативних вимог, передбачених для такого виду робіт, написана державною мовою з дотриманням наукового стилю. Положення, висновки та пропозиції, що містяться у науковій праці, в цілому характеризуються аргументованістю і послідовністю. У роботі не виявлено ознак академічного плагіату, фабрикації чи фальсифікацій.

Висновки до розділів та загальні висновки відповідають сутності розглянутих питань і відзначаються чіткістю викладених думок.

Відповідає встановленим вимогам та не викликає заперечень предмет дослідження – синтез шкального відліку у засобах виводу інформації з матричним з'єднанням елементів у вбудованих системах.

Новизна представлених теоретичних та/або експериментальних результатів проведених досліджень. Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що вперше було розроблено, апробовано та практично реалізовано інформаційну технологію обробки даних у вбудованих системах на основі оригінальних алгоритмів синтезу адитивного шкального відліку з мінімальним числом тактів збудження електрооптичних елементів індикатора. Це дозволило забезпечити високий рівень технічних та ергономічних характеристик засобів дискретно-аналогового виводу інформації завдяки мінімізації рівня споживання ресурсів системи на базі мікроконтролера.

Науковий інтерес представляють запропоновані автором методологічні основи та рекомендації для побудови апаратно-програмної платформи інформаційної технології обробки даних, що дозволяють визначити шляхи мінімізації витрат машинного часу мікроконтролера на обслуговування підсистеми візуалізації інформації при обмежених ресурсах вбудованих систем.

Важливими є пропозиції щодо подальшого розвитку теоретичних та прикладних основ побудови апаратної платформи виводу даних, які використовують багатоелементні дискретні шкальні засоби відображення інформації у вбудованих системах.

Аргументованими є комплексні дослідження для виявлення параметрів, що впливають на споживання обчислювальних ресурсів та підтверджують доцільність використання двотактних інформаційних моделей.

Вагомими є запропоновані та апробовані принципи цифрової обробки інформації, які залишаються незмінними для будь-якої кількості елементів індикації, що підвищує рівень уніфікації технічних рішень та збільшує кількість завдань, які може виконувати мікроконтролер вбудованої системи.

Слушними є пропозиції щодо шляхів оптимізації апаратно-програмної платформи інформаційної технології обробки даних та використання

двотактних інформаційних моделей для генерації зображення апаратно-програмними засобами на інформаційному полі індикатора.

Наукова обґрунтованість результатів проведених здобувачем досліджень. При написанні роботи здобувач опрацював достатній масив джерел, причому з різних галузей: оптоелектроніки, програмної інженерії, ергономіки, ергатичних систем. Особливо слід відзначити використання значної кількості джерел іноземною мовою.

Структура дисертації ґрунтується на комплексному підході щодо дослідження апаратно-програмної платформи з метою створення ефективних дискретних шкальних індикаторних засобів вбудованих систем.

Робота містить анотацію, перелік умовних позначень, вступ, три розділи, що мають дев'ять підрозділів, висновки, список використаних джерел (106 найменувань) і додатків. Повний обсяг дисертації становить 153 сторінки. Наукові положення, висновки і рекомендації, сформульовані дисертантом, у своїй більшості є переконливими. При їх обґрунтуванні дисертантом використано не лише наукові джерела, а й результати експериментальних досліджень.

Наукова обґрунтованість результатів проведених здобувачем досліджень забезпечується різноманітністю опрацьованої джерельної бази, експериментальною базою, веденням коректної полеміки, використанням вдало підібраних методів пізнання, логікою викладення матеріалу, яка дозволила автору виконати поставлене завдання.

Рівень виконання поставленого наукового завдання та оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності. Мета дисертаційного дослідження полягає у створенні та дослідженні апаратно-програмної платформи інформаційної технології обробки даних, яка оптимізована за критеріями споживання ресурсів мікропроцесорної системи, для створення ефективних дискретно-аналогових шкальних індикаторних засобів вбудованих систем.

Для досягнення зазначеної мети здобувачем у повному обсязі виконано такі завдання:

- проведено комплексний аналіз елементної бази пристроїв виведення інформації з метою визначення оптимальних типів відображення даних;

- використано програмно-математичні моделі для обробки інформації в пристроях відображення з метою створення алгоритмів синтезу адитивного шкального відліку з числом тактів збудження, що дорівнює двом;

- проведено аналіз параметрів світлодіодних елементів з метою розробки більш ефективної апаратної платформи для інформаційної технології виведення даних;

- розроблено, протестовано та впроваджено інформаційну технологію обробки даних у вбудованих системах з високим рівнем надійності.

Ефективне виконання зазначених завдань відбулося завдяки вдало підібраній *методології* та вмілому її застосуванню.

Досягнення поставленої мети стало можливим завдяки використанню комплексних загальнонаукових методів пізнання. Зокрема, на основі системного підходу детально досліджено інформаційні моделі багато-елементних шкальних пристроїв відображення інформації. З урахуванням узагальнення результатів проведених теоретичних і експериментальних досліджень розроблених рішень визначено шляхи, встановлено критерії та методи створення програмного забезпечення для оптимізованих шкальних засобів синтезу зображення, які дозволять спростити їх технічну реалізацію, зменшити кількість часу для розроблення та побудови апаратної платформи інформаційної технології виводу даних з довільним інформаційним полем та мінімізованим використанням ресурсів мікропроцесорної системи у промислових засобах автоматизації та вбудованих системах різного призначення. За допомогою логіко-семантичного підходу сформульовано понятійний апарат, що застосовувався у дослідженні. За допомогою комплексного підходу до оптимізації дискретно-аналогових шкальних засобів синтезу зображення двотактними програмними засобами стало можливим створити оригінальні алгоритми цифрової обробки даних для апаратно-програмної платформи виводу інформації довільної розмірності з мінімізованими витратами ресурсів мікроконтролера. В результаті створено фундамент для подальшого визначення шляхів комплексної оптимізації

та уніфікації апаратно-програмної платформи та інформаційних моделей, що використовуються в підсистемах виводу інформації вбудованих систем.

Отримані результати мають **практичне значення** як для науково-теоретичної, так і для практичної сфери, тому що можуть бути використані:

- у практичній діяльності при створенні нових апаратно-програмних засобів обробки інформації на основі дискретно-аналогових типів індикації;

- у науково-дослідній сфері, як основа для подальших наукових розробок з досліджуваної проблематики (акт впровадження Національного університету біоресурсів і природокористування України);

- у навчальному процесі при викладанні відповідних дисциплін: «Системи комп'ютерного еколого-економічного моніторингу», «Комп'ютерні системи URBAN-моніторингу» та підготовці навчально-методичних матеріалів (акти впровадження Національного університету біоресурсів і природокористування України та Київського університету імені Бориса Грінченка).

Повнота викладення в опублікованих працях наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, відповідає вимогам МОН України. Основні положення та висновки дисертації відображено в 21 науковій роботі, з яких стаття у науковому виданні, включеному до міжнародної наукометричної бази даних Scopus та/або Web of Science Core Collection, 2 статті у науковому фаховому виданні України, 2 свідоцтва про реєстрацію авторського права на комп'ютерні програми, 16 тез наукових доповідей.

Достатньою є **апробація результатів дисертації**. Основні теоретичні положення, висновки та практичні рекомендації, викладені у дослідженні, апробовані на: конференції молодих вчених з фізики напівпровідників «Лашкарьовські читання» з міжнародною участю (м. Київ, 2019 р.); II Міжнародній науково-практичній конференції «Економіка, фінанси та управління сучасним містом : можливості, проблеми, перспективи» (м. Київ, 2019 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології в соціокультурній сфері, освіті та економіці» (м. Київ, 2019 р.); Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Інформаційні технології в культурі, мистецтві, освіті, науці, економіці та бізнесі» (м. Київ,

2019 р.); VI Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих науковців «Інформаційні технології – 2019» (м. Київ, 2019 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Глобальні та регіональні проблеми інформатизації в суспільстві і природокористуванні 2019» (м. Київ, 2019 р.); XVII International Conference Physics and Technology of Thin Films and Nanosystems and Materials (м. Івано-Франківськ, 2019 р.); X Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених «Інформаційні технології: економіка, техніка, освіта 2019» (м. Київ, 2019 р.); VIII Міжнародній науково-практичній конференції «Глобальні та регіональні проблеми інформатизації в суспільстві і природокористуванні 2020» (м. Київ, 2020 р.); VII Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих науковців «Інформаційні технології – 2020» (м. Київ, 2020 р.); XI Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених «Інформаційні технології: економіка, техніка, освіта 2020» (м. Київ, 2020 р.); Всеукраїнській науково-практичній інтернет конференції «Теоретичні та прикладні аспекти розробки комп'ютерних систем 2021» (м. Київ, 2021 р.); VIII Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих науковців «Інформаційні технології – 2021» (м. Київ, 2021 р.); IX Міжнародній науково-практичній конференції «Глобальні та регіональні проблеми інформатизації в суспільстві і природокористуванні 2021» (м. Київ, 2021 р.); XII Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених «Інформаційні технології: економіка, техніка, освіта 2021» (м. Київ, 2021 р.).

Оформлення дисертації. Дисертаційне дослідження виконано з дотриманням вимог та стандартів щодо її оформлення з системним викладенням матеріалу. Мова написання – державна, стиль – науковий та літературний. Робота характеризується відсутністю граматичних і орфографічних помилок та технічних недоліків. Основні положення, висновки, пропозиції та рекомендації дисертації в цілому відзначаються послідовністю, аргументованістю та завершеністю.

Висновки та пропозиції, що викликають певні сумніви, зауваження або вказують на окремі суперечності та можуть слугувати підґрунтям дискусії під час захисту дисертації. Позитивно оцінюючи рецензовану працю,

за доцільне варто звернути увагу на окремі дискусійні аспекти досліджуваної проблематики, висловити міркування та побажання з цього приводу:

1. Звертає на себе увагу схильність дисертанта до надмірного вживання довгих складнопідрядних речень (с. 51, 67, 89, 103), що в цілому не заважає розумінню змісту роботи, і може вважатися особливістю авторського стилю.

2. При викладенні матеріалів дисертації виявлено окремі стилістичні та граматичні помилки, невдалі фрази, які не мають принципового характеру, можуть бути легко усунуті та не впливають на зміст дисертації.

3. Трапляються формули, які не мають достатнього пояснення в тексті (с. 39, 55, 72, 99).

4. Слід звернути більшу увагу оформленню списку використаних джерел (п. 3, 22, 65, 67, 103).

5. Перший розділ дисертаційного дослідження за обсягом перевищує інші розділи дисертації, однак з огляду на комплексність описаного у цьому розділі методу та його масштабність, таке перевищення є цілком виправданим.

6. Здобувач недостатньо коректно використовує в процесі дослідження категоріальний апарат, допускаючи підміну суміжних понять, не завжди вдається до розкриття їх сутності та змісту, іноді зловживає цитуваннями літературних джерел, не супроводжуючи їх певними коментарями, які б засвідчували його особисту позицію щодо розуміння тих чи інших дефініцій (с. 37, 40, 54, 79).

Вказані зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку виконаного дослідження, яке у цілому характеризується актуальністю постановки проблеми, теоретико-методологічною обґрунтованістю, високим рівнем новизни та яскраво вираженим практичним значенням. Зміст, структура та логіка подання матеріалу в дисертації, зроблені дисертантом висновки переконують в тому, що автор вільно розвиває теоретико-методичні аспекти комплексної проблеми дослідження, вміло поєднуючи теоретичні та практичні сторони дослідницької діяльності. Список першоджерел свідчить, що дисертація базується на ґрунтовному опрацюванні великої кількості джерел у ракурсі визначеної проблеми. Анотація відповідає змісту дисертації, а публікації висвітлюють її основні положення.

Висновок про відповідність дисертації встановленим вимогам.

Дисертація **ТУРУКАЛА Андрія Валерійовича** на тему: «Дискретні шкальні засоби індикації вбудованих систем» за актуальністю, ступенем новизни представлених результатів, їх наукової обґрунтованості, повноти викладення в опублікованих наукових працях, рівнем виконання поставленого наукового завдання та володінням методологією наукової діяльності відповідає вимогам, які висуваються до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.

Дисертація відповідає галузі знань 12 «Інформаційні технології» та спеціальності 122 «Комп'ютерні науки», вимогам Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у вищих навчальних закладах (наукових установах), затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 23 березня 2016 року № 261 (зі змінами), наказу МОН України № 40 від 12 січня 2017 року «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (зі змінами) і Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44, а її автор – **ТУРУКАЛО Андрій Валерійович** безумовно заслуговує на присудження **ступеня доктора філософії** з галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

Офіційний опонент
головний науковий співробітник
Інституту фізики напівпровідників
імені В. Є. Лашкарьова НАН України,
доктор технічних наук, професор,
член-кореспондент НАН України

Віктор СОРОКІН

