

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу  
Козлова Олексія Сергійовича

на тему «**Моделі та методи інтеграції інформаційно-комунікаційних  
систем на базі інформаційної платформи**»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 12 – Інформаційні технології  
за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки.

### **Актуальність теми дисертації.**

З метою забезпечення нагальних потреб ведення бойових дій для захисту суверенітету України, важливим питанням стало створення єдиного інформаційно-комунікаційного простору Збройних сил України (ЗСУ) для забезпечення швидкого збору різноманітних даних, мобільності, підвищення рівня живучості та витривалості, здатності до оперативного розгортання та негайного застосування сил та засобів в умовах бойових дій, що особливо підтверджує актуальність даної дисертаційної роботи.

Актуальність теми дисертаційного дослідження також зумовлена розвитком сучасних підходів до побудови інформаційно-комунікаційних систем тактичної ланки ЗСУ на базі інформаційної платформи з використанням принципово нових технологічних рішень, що дозволяє забезпечити надійність обладнання, резервування елементів основного обладнання та використання сучасної елементної бази при забезпеченні відмовостійкості не тільки структурних елементів систем, але й рівня якості обслуговування. Інформаційно-комунікаційні системи тактичної ланки забезпечують єдиний цикл процесу управління шляхом отримання та збору інформації, її аналізу й зберігання з можливістю оцінки та прогнозування ситуацій на основі прийнятих рішень. Це дозволяє в автоматизованій системі управління забезпечити планування бойових дій; постановку та доведення завдань; організацію управління, взаємодії та всебічного забезпечення; здійснення контролю виконання завдань.

**Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в створенні інформаційної технології для підвищення ефективності функціонування

інформаційно-комунікаційних систем спеціального призначення за рахунок надання їм властивості інформаційної платформи, а саме:

1. Вперше розроблено математичну модель інтеграції інформаційно-комунікаційних систем спеціального призначення, що складається з чотирьох рівнів: управлінських процесів; сервісів; інформаційного й інтеграційного.

2. Вперше розроблено метод інтеграції мереж, що мають гетерогенні властивості. Метод забезпечує спеціальному користувачу п'ять рівнів надання послуг і базується на запропонованій моделі системи польового зв'язку тактичної ланки, що дозволяє реалізувати принципи самокерованості та адаптованості мереж і забезпечує отримання телекомунікаційних послуг з гарантованою якістю QoS.

3. Вперше розроблені наступні моделі: інформаційної платформи інформаційно-комунікаційних систем спеціального призначення; системи польового зв'язку тактичної ланки, що побудована за принципом гетерогенних клієнтів; побудови автоматизованої системи управління для тактичної ланки; стеку технологій, що враховує використання самокерованих адаптованих мереж, програмного забезпечення, здатного до самоналаштування та інтеграцію усіх компонентів з використанням інформаційної платформи.

4. Набула подальшого розвитку модель інформаційної платформи інформаційно-комунікаційних систем спеціального призначення рівня C4ISR, що забезпечує створення інформаційно-управляючого простору для комплексної системи. Модель об'єднує різні технології для забезпечення ефективного командування, управління, зв'язку, комп'ютеризації, розвідки, спостереження та рекогносрування.

5. Удосконалено метод оптимізації послідовних процесів між сервісами різних інформаційно-комунікаційних систем, що мають декомпозиційну природу. Запропонований метод відрізняється від інших введенням оригінальної цільової функції, що змінюється в залежності від сценарію управлінських процесів та дозволяє поєднувати інформаційно-комунікаційні системи в єдиний обчислювальний процес для знаходження оптимального рішення розподіленої системи з нежорсткими зв'язками між її компонентами.

Отримані здобувачем наукові результати є обґрунтованими та достовірними, що забезпечується коректним застосуванням методів динамічного програмування, теорії побудови інформаційних систем, теорії складних багаторівневих ієрархічних систем, теорії графів, основи теорії математичного моделювання, автоматизованого проектування інформаційних систем і технології сховищ даних.

Дисертаційна робота Козлова О. С. є завершеним науковим дослідженням, яке відповідає меті та визначенням у роботі задачам дослідження. Здобувач Козлов О. С. опанував методологію наукової діяльності.

Отже, в дисертаційній роботі виконано наукове завдання підвищення ефективності функціонування інформаційно-комунікаційних систем спеціального призначення за рахунок надання їм властивості інформаційної платформи, що забезпечує створення інформаційно-управляючого простору для комплексної системи та об'єднує різні технології для забезпечення ефективного командування, управління, зв'язку, комп'ютеризації, розвідки, спостереження та рекогносрування (C4ISR).

**Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.**

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Козлова О. С. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 122 Комп'ютерні науки та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми Інформаційні технології.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям інформаційні технології.

При підготовці дисертаційної роботи здобувач дотримався принципів академічної доброчесності. Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадиння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Козлова Олексія Сергійовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

**Мова та стиль викладення результатів.**

Дисертаційна робота написана українською мовою і складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертаційної роботи – 199 сторінок.

У вступі наведена актуальність дослідження, що полягає в забезпеченні автоматизації управлінських процесів інформаційно-комунікаційних систем спеціального призначення шляхом інтеграції інформаційно-комунікаційних систем на базі інформаційної платформи. Сформульовано наукову новизну й практичне значення результатів, що спрямовані на створення інформаційної те-

хнології для підвищення ефективності функціонування інформаційно-комунікаційних систем спеціального призначення за рахунок надання їм власності інформаційної платформи. Запропонована в роботі інформаційна платформа буде забезпечувати автоматизацію управлінських процесів інформаційно-комунікаційних систем спеціального призначення.

У першому розділі проведено аналіз існуючих моделей та засобів щодо побудови комунікаційних систем тактичної ланки, детально проаналізовані приклади реалізації системи зв'язку тактичної ланки управління військами в США та в Республіці Польща, а також проаналізовано досвід ТОВ «Телекарт прилад» щодо забезпечення зв'язком підрозділів тактичної ланки ЗСУ, з урахуванням можливості виконувати функцію гетерогенного клієнта, розроблені схеми систем зв'язку для усіх підрозділів тактичної ланки.

У другому розділі роботи розв'язана задача невизначеності, що пов'язана із впливом завад різноманітного походження, а також можливим втручанням злоумисників з метою несанкціонованого перехоплення інформації в умовах динамічно змінюваних завад. Застосовуються методи розширення спектра сигналу, частотне рознесення символів (системи MIMO), ортогонального та неортогонального частотного мультиплексування (OFDM, N-OFDM).

У третьому розділі розроблені основні принципи побудови автоматизованої системи управління тактичної ланки (АСУ ТЛ) у вигляді складової частини єдиної автоматизованої системи управління ЗСУ, що забезпечує автоматизацію процесів управління підрозділами тактичної ланки Сухопутних військ ЗС України.

Структурно АСУ ТЛ представляє собою набір інформаційно-комунікаційних систем різного призначення. Розв'язана задача об'єднання інформаційно-комунікаційних систем АСУ ТЛ на базі інформаційної платформи. Інформаційна платформа в такому випадку набуває максимальної ефективності при використанні чотирьох рівнів, а саме: управлінських-процесів; сервісів; інформаційних; інтеграційних.

Для побудови інформаційної платформи АСУ ТЛ необхідно застосувати математичну модель архітектури системи в цілому у вигляді елементів онтології та 5 принципів побудови інформаційної платформи, а також метод оптимізації послідовних процесів між підсистемами різних ІКС, що мають декомпозиційну природу.

Представлено розв'язок задачі об'єднання інформаційно-комунікаційних систем АСУ ТЛ на базі інформаційної платформи. Розроблено математичну модель інтеграції інформаційно-комунікаційних систем спеціального призна-

чення, яка складається із рівнів: управлінських-процесів; сервісів; інформаційних; інтеграційних та базується на п'яти основних принципах: загальна комунікаційна модель; визначені інтерфейси; незалежність управлінських процесів від сервісів; розподілена система з адаптивними інтерфейсами між її елементами.

В розділі удосконалено метод оптимізації послідовних процесів між сервісами різних інформаційно-комунікаційних систем, що мають декомпозиційну природу, який відрізняється від інших введенням оригінальної цільової функції, яка змінюється в залежності від сценарію управлінських процесів та дозволяє поєднувати інформаційно-комунікаційні системи в єдиний обчислювальний процес для знаходження оптимального рішення для розподіленої системи з нежорсткими зв'язками між її компонентами.

У четвертому розділі була розглянута можливість використання SDR для передачі сигналів з використанням різних типів модуляції. Проаналізовано та розглянуто основні переваги та недоліки різних модуляцій, таких як NBFM та OFDM. Зокрема, була досліджена багатофазна модуляція для реалізації системи FHSS. Розглянуті аспекти, що включають вибір частотної смуги та можливість адаптації до різних умов передачі. Використання технології SDR в системі передачі сигналу відкриває широкі можливості для розробки більш гнучких та ефективних засобів зв'язку. Інтеграція SDR дозволяє легко налаштовувати параметри системи та адаптовувати її до різних умов зв'язку.

Проведені в роботі експерименти з псевдовипадковим перевлаштуванням робочої частоти (ППРЧ) підтверджують великий потенціал для забезпечення невизначеності та ускладнення перехоплення сигналу.

Розроблена система безпечної передачі сигналу, що заснована на моделі багатофазного OFDM модулятора FHSS, демонструє високий рівень стійкості до перешкод та перехоплення. Обрана комбінація багатофазної модуляції та частотного стрибка дозволяє не тільки ефективно передавати інформацію, але й забезпечує високий рівень безпеки.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

### **Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.**

Наукові результати дисертації висвітлені у 14 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 4 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 5 статей у періодичних

наукових виданнях, проіндексованих у базі даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, з яких 5 статей у виданнях, віднесених до першого, третього та четвертого (Q1, Q3, Q4) кварталів відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports.

Характеристика особистого внеску здобувача в наукових працях, опублікованих зі співавторами та зарахованих за темою дисертації:

1. Dovgiy S., Kopiika O., & Kozlov O. Architectures for the information systems, network resources, and network services. Proceedings of the Cybersecurity Providing in Information and Telecommunication Systems, Kyiv, Ukraine, 2021, CEUR Workshop Proceedings, 3187, pp. 293–301. , ISSN 16130073. (Scopus, Q4).

Внесок здобувача: модернізація архітектури інформаційних систем, мережевих ресурсів та мережевих послуг на основі інтеграції інформаційно-комунікаційних систем.

2. Globa L., Dovgiy S., Kopiika O., & Kozlov O. Approach to building uniform information platform for the national automated ecological information and analytical system, CEUR Workshop Proceedings, 2021, 3021, pp. 53–65. <https://www.researchgate.net/publication/365518000>  
Approach to Uniform Platform Development for the Ecology Digital Environment of Ukraine, ISSN 16130073. (Scopus, Q4).

Внесок здобувача: розроблення математичного опису елементів інформаційної платформи, модифікація методу оптимізації послідовних процесів між підсистемами різних інформаційно-комунікаційних систем на основі декомпозиції.

3. Dovgiy S., Kopiika O., Kozlov O. & Lytvynenko A. Features of Message Transport Service in Automated Special-Purpose Systems. Book: Lecture Notes in Networks and Systems, Volume 809, Information and Communication Technologies and Sustainable Development, 2023, pp. 119-132. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-46880-3\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-031-46880-3_8), ISSN 23673370. (Scopus, Q4).

Внесок здобувача: розроблення структурних схем обміну повідомленнями для різних варіантів побудови радіомережі для автоматизованих систем спеціального призначення та вирішується проблема оптимізації служби транспортування повідомлень.

4. Globa L., Dovgiy S., Kopiika O., Kozlov O. Multi-Criteria Optimisation for Building it Management Model within a Company, Proceedings of International Conference on Applied Innovation in IT, 2023, 11(1), ICAIT 2023, 188637, С. 161–169, ISSN 21998876. (Scopus, Q3).

Внесок здобувача: розроблення принципів прийняття рішень з використанням алгоритмів або процедур багатокритеріальної оптимізації.

5. Globa L., Dovgiy S., Kopyika O. & Kozlov O. Approach to Uniform Platform Development for the Ecology Digital Environment of Ukraine. Book: Lecture Notes in Networks and Systems, Volume 548, Progress in Advanced Information and Communication Technology and Systems, 2023, 83–100 DOI : 10.1007/978-3-031-16368-5\_4, ISSN 23673370. (Scopus, Q4).

Внесок здобувача: участь у розробленні математичного опису елементів єдиної екологічної платформи, інструментів, що підтримують принципи її розробки, та методу оптимізації послідовних процесів між підсистемами різних інформаційно-комунікаційних систем.

6. Довгий С.О., Копійка О.В., Козлов О.С. Синтез інформаційно-телекомунікаційних мереж автоматизованих систем екологічної безпеки з метою отримання найбільшої завадостійкості при заданій ефективності, Екологічна безпека, 2021, № 4 (40), С. 5-16, ISSN 2411-4049. (Фахове видання категорії Б).

Внесок здобувача: участь у стандартизації архітектури інформаційно-телекомунікаційних мереж найвищого рівня, що забезпечують створення, обробку, зберігання, видалення та транспортування інформації.

7. Довгий С.О., Копійка О.В., Козлов О.С., Литвиненко А.О. Інформаційні технології ІТ-сервісів архітектури додатків, Екологічна безпека., 2023, № 3 (47), С. 75-93, ISSN 2411-4049. (Фахове видання категорії Б).

Внесок здобувача: розроблення ІТ-сервісів, спрямованих на підтримання в технічно справному стані таких елементів: мережні пристрої, мережеві служби, служби захисту периметра, служби управління ІТ.

8. Довгий С.О., Копійка О.В., Козлов О.С. Інформаційні технології елементів архітектури управління ІТ-інфраструктурою, Екологічна безпека, 2022, № 4 (44), С. 91-113, ISSN 2411-4049. (Фахове видання категорії Б).

Внесок здобувача: розроблення процесів та інформаційних технологій для виявлення та мінімізації відмов ІТ-сервісів; забезпечення високого ступеня інтеграції інформаційних технологій; забезпечення реагування на зміну параметрів систем і виконання сервісних функцій в режимі реального часу.

9. Довгий, С.О., Копійка, О.В., Козлов, О.С. Передача інформації в автоматизованих системах спеціального призначення, Екологічна безпека, 2023, № 1 (45), С. 76-90. (Фахове видання категорії Б).

Внесок здобувача: розробка основних принципів побудови нових мобільних вузлів та засобів зв'язку для перспективної автоматизованої системи зв'язку

тактичного рівня за аналогом американської системи Warfighter Information Network-Tactical (WIN-T).

Також результати дисертації були апробовані на 5 Міжнародних науково-практичних конференціях.

Наукові публікації здобувача мають високий науковий рівень і пройшли відповідне рецензування. У кожную публікацію здобувач зробив вагомий особистий внесок, який був використаний при підготовці дисертаційної роботи. Усі публікації були написані з дотриманням принципів академічної доброчесності та складаються із власних досліджень здобувача та співавторів.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.**

1. Відсутнє обґрунтування, чому за основу було вибрано Американську систему польового зв'язку тактичної ланки WIN-T.

2. Недостатньо уваги приділено опису моделі побудови автоматизованої системи управління для тактичної ланки.

3. На рисунках 3.5 – 3.9 та 3.11 – 3.13 шрифт дрібний і прочитати текст складно.

4. У роботі є деякі помилки в написанні формул та зустрічаються деякі окремі граматичні помилки.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

### **Висновок про дисертаційну роботу**

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Козлова Олексія Сергійовича на тему **«Моделі та методи інтеграції інформаційно-комунікаційних систем на базі інформаційної платформи»** виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для інформаційних технологій. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6–9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради за-

кладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Козлов Олексій Сергійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань Інформаційні технології за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

**Офіційний опонент:**

доктор технічних наук,  
професор, професор кафедри  
комп'ютерних систем, мереж і  
кібербезпеки Національного  
аерокосмічного університету  
«Харківський авіаційний інститут»

 Ольга МОРОЗОВА

Підпис д.т.н., професора Морозової Ольги Ігорівни засвідчую

Учений секретар

Національного аерокосмічного університету  
«Харківський авіаційний інститут»

 Тетяна БОНДАРЄВА



« 21 » 10 20 25 року