

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Сушина Ігоря Олексійовича

на тему «Метод підтримки зв'язності мобільної мережі сенсорів спрямованої дії із використанням телекомунікаційних аероплатформ різнорівневого розташування»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації  
за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка

### **Актуальність теми дисертації.**

Створення зв'язного інформаційного простору та суспільства є основоположною ціллю телекомунікаційної галузі. Наслідком цього є підтримка та збільшення економічного розвитку усіх галузей, надання інформаційно-комунікаційних послуг у найвіддаленіших місцях світу, в тому числі і України тощо. Одним із найактуальніших напрямків, який це забезпечує є Інтернет речей та мобільні сенсорні мережі зокрема. З їх допомогою створюються розумні міста, проводиться спостереження за ландшафтами прецизійного землеробства, тваринництва, океанічними та морськими акваторіями, а також за техногенними об'єктами для уникнення можливих катастроф та інцидентів, що стало особливо відчутним, враховуючи їх зростаючу кількість. Виходячи з цього, очевидним стає розвиток даного типу мережі в умовах стихійних лих, катаклізмів, війн та іншого, коли фіксований та мобільний зв'язок недоступний. Одним із способів вирішення задачі створення та підтримки зв'язності мережевих елементів (зокрема сенсорів) є використання телекомунікаційних аероплатформ (в тому числі БПЛА літакового та гелікоптерного типів), що пояснюється не тільки їх популярністю, але й універсальністю. Таким чином, обрана тематика є актуальною та перспективною.

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

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. В роботі вперше представлено математичну модель підтримки зв'язності мобільної мережі сенсорів спрямованої дії з телекомунікаційними аероплатформами різнорівневого розташування. Вона відрізняється від існуючих моделей мобільних сенсорних мереж з телекомунікаційними

аероплатформами тим, що включає до свого складу математичні моделі функціонування сенсорів спрямованої дії і телекомунікаційні аероплатформи різного енергетичного забезпечення, які розташовуються на двох рівнях.

2. В роботі вперше представлено метод підтримки зв'язності вузлів мобільної мережі сенсорів спрямованої дії з використанням телекомунікаційних аероплатформ різного рівня розташування, що відрізняється від існуючих методів підтримки зв'язності вузлів мобільних сенсорних мереж з телекомунікаційними аероплатформами ефективністю застосування антен спрямованої дії, встановлених на сенсорах і телекомунікаційних аероплатформах різного енергетичного забезпечення дворівневого просторового розташування. Таким чином зменшується час затримки, підвищується швидкість передачі даних з кінця в кінець і зменшується кількість безпосередньо задіяних телекомунікаційних аероплатформ у порівнянні з мобільними сенсорними мережами із телекомунікаційними аероплатформами.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

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

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Сушина І.О. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми Телекомунікації та радіотехніка.

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

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Сушина Ігоря Олексійовича 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 / англійською мовою. Текст містить усі необхідні структурні елементи, що викладені послідовно, коректно та є логічно пов'язані між собою. Стиль мовлення є науковим з використанням галузевої термінології.

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 164 сторінки.

У вступі розкрито актуальність теми дисертаційної роботи, підкреслено зв'язок роботи з науково-дослідними роботами, чітко сформульовані мета, об'єкт, предмет та задачі дисертаційного дослідження, наукова новизна та практична цінність отриманих результатів. Також зазначено особистий внесок, наведено узагальнений перелік публікацій та короткий опис структури.

У першому розділі «Аналітичний огляд сучасних методів організації інфраструктури мобільної сенсорної мережі» описуються сучасні підходи, що використовуються при побудові та зборі даних з вузлів безпроводових сенсорних мереж (в тому числі і з використанням телекомунікаційних аероплатформ (ТА)). Розглядаються їх архітектури, технології передачі даних, визначаються переваги та недоліки. Особливу увагу приділено використанню ТА, їх функціональним можливостям з точки зору обміну даними з мобільними сенсорними мережами (МСМ), їх керуванням, а також необхідність подальшого розвитку даного напрямку з метою оперативного і ефективного застосування в умовах надзвичайних ситуацій. Визначено цілі та виконано постановку задачі дослідження.

У другому розділі «Математична модель та метод підтримки зв'язності мобільної мережі сенсорів спрямованої дії із використанням телекомунікаційних аероплатформ різнорівневого розташування» досліджено методи та алгоритми, особливості організації польоту та місць обміну інформацією в існуючій на сьогодні системі МСМ із ТА. Обґрунтовано доцільність апаратно-алгоритмічного вдосконалення та представлено два наукові результати: математична модель підтримки зв'язності мобільної мережі сенсорів спрямованої дії з використанням ТА дворівневого розташування і метод підтримки зв'язності мобільної мережі сенсорів спрямованої дії (ММССД) з використанням ТА дворівневого розташування із різним енергетичним забезпеченням. Математична модель включає до свого складу математичні моделі функціонування сенсорів спрямованої дії і ТА дворівневого розташування з різним енергетичним забезпеченням, а також алгоритмічно задану модель обчислення критеріїв (із детальними правилами її функціонування). Метод дозволяє ефективно використовувати антени спрямованої дії, що розташовані на сенсорах і ТА дворівневого просторового розташування із різним енергетичним забезпеченням, завдяки чому досягається покращення в обраних критеріях, а також вирішити поставлену задачу багатокритеріальної оптимізації.

У третьому розділі «Апаратне вдосконалення мобільних сенсорних мереж» проведено апаратну реалізацію методу підтримки зв'язності мобільної мережі сенсорів спрямованої дії з телекомунікаційними аероплатформами різнорівневого розташування. Виконано аналіз існуючих антен спрямованої та

всеспрямованої дії та тих що розробляються для використання у мобільних пристроях, зокрема у сенсорах. Визначено необхідні параметри для розрахунку максимальної довжини лінії зв'язку ТА-вузол (або між ТА двох рівнів) та виконано порівняння, що підтвердилось моделюванням у програмному продукті Atoll з урахуванням реальних умов на місцевості. З отриманих результатів зроблено висновок про збільшення граничної відстані передачі даних зі збереженням кількості бітових помилок в одиницю часу або збільшення швидкості передачі даних при умові застосування спрямованих та вузькоспрямованих антен в порівнянні із всеспрямованими.

У четвертому розділі «Оцінка ефективності методу підтримки зв'язності мобільної мережі сенсорів спрямованої дії із використанням телекомунікаційних аероплатформ різнорівневого розташування» виконано імітаційне моделювання за допомогою програмного комплексу Matlab. Детально описано етапи оцінки ефективності представленого методу, вхідні параметри та характеристики існуючої МСМ із ТА і ММСД із ТА дворівневого розташування, а також показано їх візуальні представлення. Результати імітаційного експерименту у вигляді графіків та узагальненої таблиці показують перевагу запропонованого методу у всіх визначених критеріях.

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 40 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 15 статей у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 4 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Scopus.

Також результати дисертації були апробовані на 14 наукових фахових конференціях та у 7 статтях, що додатково відображають результати дисертації.

Рівень наукових публікацій здобувача характеризується високою якістю: результати досліджень викладені в статтях із детальним обґрунтуванням та описом наукових досліджень з відповідними посиланнями та зазначенням особистого внеску, що свідчить про повне дотримання принципів академічної доброчесності.

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

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

1. У підрозділі 2.2.1 наведено перелік керуючих параметрів, але не зрозуміло чи варіюється значення потужності, смуги пропускання та інших під час проведення імітаційного моделювання у розділі 4.

2. У підрозділі 2.2.2 наведені етапи функціонування алгоритмічно заданої моделі обчислення скалярних складових векторного критерію, але не зрозуміло чи кожному критерію відповідає певна формула. Доцільно було би зробити посилання на них.

3. Не зрозуміло чому саме у підрозділі 2.2.3 при постановці математичної задачі використовувалися три критерії для оцінки ефективності.

4. В роботі вказано, що для порівняння ефективності використовувався метод ведучого критерію, проте варто було більш детально описати його переваги в порівнянні з іншими.

5. При аналізі можливостей сенсорів було зазначено можливість передачі файлів великого розміру (зображень, відео), проте в імітаційному моделюванні досліджувала передача лише невеликої кількості інформації. Доцільним було би проведення дослідження під час більшого навантаження.

6. На рисунку 3.18 зображена ілюстрація одного розрахунку довжини каналу зв'язку за допомогою Atoll. Доречно було би додати другий для ілюстрації порівняння результатів при використанні антен різних типів.

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 Сушина Ігоря Олексійовича на тему «Метод підтримки зв'язності мобільної мережі сенсорів спрямованої дії із використанням телекомунікаційних аероплатформ різнорівневого розташування» 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 Електроніки та телекомунікацій. 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 закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Сушин Ігор Олексійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка.

**Офіційний опонент:**

В.о. директора Навчально-наукового  
інституту телекомунікацій,  
Державного університету  
інформаційно-комунікаційних  
технологій,  
к.т.н., доцент



Владислав КРАВЧЕНКО

« 23 » квітня 2025 р.

Підпис в.о. директора ННІ Телекомунікацій Кравченка В.І. з а с в і д ч у ю:

Начальник відділу кадрів Державного  
університету інформаційно-  
комунікаційних технологій



Михайло ДУБРОВСЬКИЙ

« 23 » квітня 2025 р.