

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій
завідувачу кафедри Робототехніки та технічних систем
Навчально-наукового інституту телекомунікацій
МЕЛЬНИКУ Юрію Віталійовичу

ВІДГУК

офіційного опонента

доктора технічних наук, професора,
професора кафедри Інформаційних систем та технологій
Факультету інформатики та обчислювальної техніки
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ЖУРАКОВСЬКОГО Богдана Юрійовича

на дисертаційну роботу **ЯКОВЦЯ Всеволода Петровича** на тему:

**«МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ ЗА ДОПОМОГОЮ ПОВІТРЯНИХ
БЕЗПІЛОТНИХ ПЛАТФОРМ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ»,**

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 172 – «Телекомунікації та радіотехніка»,
галузь знань 17 – «Електроніка та телекомунікації»

Актуальність теми

Дисертаційна робота присвячена актуальній проблемі підвищення ефективності функціонування телекомунікаційних мереж із використанням повітряних безпілотних платформ в умовах невизначеності. Сучасний розвиток телекомунікацій характеризується зростанням вимог до якості обслуговування, енергоефективності, стійкості зв'язку та здатності мереж швидко адаптуватися до змінних умов експлуатації. У цьому контексті застосування БПЛА як елементів телекомунікаційної інфраструктури є одним із найбільш перспективних напрямів, оскільки дозволяє оперативно розширювати зону покриття, підвищувати доступність зв'язку та забезпечувати гнучкість мережевих рішень. При функціонуванні таких мереж в умовах невизначеності, пов'язаних з впливом завад, завмиранням сигналу, обмеженістю енергетичних ресурсів, динамікою переміщення користувачів та зміною параметрів каналу зв'язку, традиційні методи планування та оптимізації розташування мережевих вузлів не забезпечують належного рівня ефективності. Саме тому розроблення нових моделей і методів, орієнтованих на підвищення енергоефективності та якості

зв'язку в аерокосмічних телекомунікаційних мережах, є своєчасним, науково обгрунтованим і має вагоме практичне значення.

Обгрунтованість наукових результатів, висновків та рекомендацій

Обгрунтованість наукових результатів дисертаційної роботи забезпечується чітко сформульованою метою дослідження, коректно визначеними завданнями та послідовним переходом від аналізу предметної області до побудови й перевірки запропонованих рішень. Автором логічно вибудовано структуру дослідження, у межах якої кожен наступний результат спирається на попередній, а одержані висновки впливають із застосованих моделей, розрахунків та експериментальних даних. Це свідчить про внутрішню узгодженість дисертації та належний рівень наукової аргументації. Достовірність наведених положень підтверджується використанням математичного моделювання, імітаційних досліджень та практичної перевірки запропонованих підходів. Отримані результати узгоджуються з поставленими критеріями ефективності телекомунікаційної мережі та демонструють доцільність застосування БПЛА в умовах невизначеності. Сформульовані автором рекомендації мають прикладну спрямованість, є обгрунтованими з точки зору інженерної реалізації та можуть бути використані під час проєктування, оптимізації й подальшого розвитку аерокосмічних телекомунікаційних систем.

Новизна наукових результатів дослідження

В дисертаційній роботі отримано результати, спрямовані на розроблення та вдосконалення підходів до підвищення якості функціонування телекомунікаційних мереж із використанням повітряних безпілотних платформ в умовах невизначеності. У роботі отримані такі наукові результати:

1. Удосконалено математичну модель каналу обміну інформацією між базовою станцією і користувачем в умовах невизначеності на базі теорії завадозахищеності, яка відрізняється від існуючих тим, що окрім адитивного гаусівського шуму враховує зміну коефіцієнту передачі варіантів багатопозиційного сигналу з амплітудно-фазорізницевою модуляцією внаслідок завмирань сигналу, що забезпечує заданий рівень достовірності передавання інформації в умовах завад.

2. Удосконалено метод визначення оптимального місцезнаходження БПЛА-базової станції для обслуговування наземних користувачів, який на відміну від існуючих, базується на удосконаленій математичній моделі каналу обміну між базовою станцією та користувачем і, за рахунок визначення ступенів важливості абонентів на основі їх параметрів руху відносно БПЛА-БС та параметрів каналу між БПЛА-БС і абонентами, дозволяє оптимізувати точність розташування та витрати енергії вузлів телекомунікаційної мережі в умовах невизначеності.

3. Вперше розроблено функціонально-структурну модель інтеграції БПЛА в аерокосмічній мережі, яка базується на методі визначення оптимального

місцезнаходження БПЛА-базової станції для обслуговування наземних користувачів з урахуванням параметрів каналу зв'язку та мінімізації енергетичних витрат на маневрування повітряних безпілотних платформ, що дозволяє приймати рішення щодо ефективного розташування вузлів мережі з оптимальною точністю в умовах невизначеності.

Сукупність одержаних результатів розширює наукові засади побудови та оптимізації аерокосмічних телекомунікаційних систем і має як теоретичне, так і прикладне значення.

Практична цінність отриманих результатів

Практична цінність дисертаційної роботи полягає в можливості використання розроблених моделей і методів для підвищення ефективності функціонування телекомунікаційних мереж із застосуванням повітряних безпілотних платформ в умовах невизначеності. Запропонований підхід до визначення оптимального місцезнаходження БПЛА-БС може бути використаний під час проєктування та оперативного керування мережевою інфраструктурою, зокрема в умовах обмеженого покриття або змінної щільності користувачів, що дає змогу зменшити енергоспоживання вузлів мережі та підвищити ефективність використання ресурсів. Важливе прикладне значення мають також удосконалена математична модель каналу обміну інформацією та функціонально-структурна модель інтеграції БПЛА в аерокосмічній мережі, оскільки вони створюють основу для більш точного аналізу умов поширення сигналу, оцінювання параметрів зв'язку та прийняття обґрунтованих рішень щодо розміщення повітряних платформ. Одержані результати можуть бути застосовані під час моделювання, оптимізації та практичного впровадження аерокосмічних телекомунікаційних систем, а також у подальших наукових дослідженнях у сфері енергоефективного безпроводного зв'язку.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами

Тематика дисертаційного дослідження органічно пов'язана із сучасними науковими напрямами розвитку телекомунікаційних систем, зокрема з проблемами підвищення енергоефективності, забезпечення стійкості зв'язку та оптимізації функціонування мережевої інфраструктури в умовах невизначеності. Одержані результати узгоджуються з актуальними завданнями створення та вдосконалення аерокосмічних телекомунікаційних мереж із використанням повітряних безпілотних платформ і можуть бути використані під час виконання науково-дослідних робіт у сфері безпроводного зв'язку та мережевої оптимізації. Результати дисертації також мають безпосередній зв'язок з науково-дослідними роботами університету, спрямованими на розроблення інноваційних рішень для побудови й модернізації телекомунікаційної інфраструктури та можуть бути використані у навчально-науковій діяльності під час підготовки фахівців у галузі телекомунікацій та інформаційних технологій.

Повнота викладу основних результатів дисертації у публікаціях

Основні положення, наукові результати та висновки дисертаційного дослідження достатньою мірою відображені у наукових публікаціях здобувача та пройшли апробацію на науково-практичних заходах. У публікаціях висвітлено ключові аспекти роботи, пов'язані з удосконаленням математичної моделі каналу обміну інформацією, розробленням методу визначення оптимального місцезнаходження БПЛА-БС та побудовою функціонально-структурної моделі інтеграції повітряних платформ в аерокосмічній мережі. Загалом ступінь оприлюднення результатів дисертації можна вважати достатнім для підтвердження їх наукової новизни, практичної значущості та авторського внеску здобувача. Це свідчить про належну апробацію основних положень роботи та їх відповідність змісту дисертаційного дослідження.

Оцінка змісту дисертації та відповідність встановленим вимогам щодо оформлення

Дисертаційна робота має завершений, логічно побудований і послідовно викладений характер. У ній чітко визначено мету, завдання, об'єкт і предмет дослідження, подано аналіз сучасного стану проблеми, обґрунтовано вибір методів дослідження та наведено основні результати теоретичного й прикладного характеру. Зміст роботи свідчить про цілісність дослідження, належний рівень наукового опрацювання теми та обґрунтованість сформульованих висновків. Оформлення дисертації відповідає встановленим вимогам. Матеріал викладено науковим стилем, структурно впорядковано, з дотриманням логіки подання результатів та належним рівнем аргументації. У роботі коректно використано ілюстративний матеріал, таблиці, схеми та посилання на джерела, а також сформульовано положення, що виносяться на захист. Загалом зміст і оформлення дисертації відповідають вимогам, які висуваються до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Недоліки та зауваження

Поряд із загальною позитивною оцінкою дисертаційної роботи доцільно відзначити окремі зауваження, що мають рекомендаційний характер і не впливають на її загальну наукову та практичну цінність.

1. Доцільно було б детальніше розкрити питання масштабованості запропонованих рішень при збільшенні кількості користувачів, повітряних платформ і гетерогенних мережевих вузлів, оскільки це є важливим для практичного впровадження на великих територіях.

2. У частині практичної реалізації варто було б більш докладно подати порівняння витрат на розгортання та супровід запропонованої архітектури з альтернативними підходами, що дало б можливість повніше оцінити її економічну доцільність.

3. Перспективним було б також розширити опис механізмів врахування зовнішніх факторів, які можуть впливати на стабільність роботи БПЛА та НАPS, зокрема погодних умов, обмежень на траєкторію польоту та можливих збоїв у каналі керування.

Зазначені зауваження не знижують загальної позитивної оцінки дисертації та не ставлять під сумнів наукову новизну, достовірність і практичну значущість одержаних результатів.

Висновок

Дисертаційна робота присвячена актуальній науковій проблемі, пов'язаній із підвищенням якості функціонування телекомунікаційних мереж із використанням повітряних безпілотних платформ в умовах невизначеності. У дослідженні отримано нові науково обгрунтовані результати, зокрема удосконалено математичну модель каналу обміну інформацією, запропоновано метод визначення оптимального місцезнаходження БПЛА-БС та розроблено функціонально-структурну модель інтеграції БПЛА в аерокосмічній мережі, що в сукупності сприяє підвищенню енергоефективності й ефективності телекомунікаційної інфраструктури.

За змістом, рівнем наукової новизни, обгрунтованістю висновків і практичною значущістю дисертація є завершеним самостійним дослідженням, що відповідає вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії. Автор заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 172 – «Телекомунікації та радіотехніка».

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри Інформаційних систем та технологій
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

« »

2026 р.



/Богдан ЖУРАКОВСЬКИЙ/

Особистий підпис Богдана ЖУРАКОВСЬКОГО


В.К. Ж. Сікорський