



Прим. № \_\_\_\_\_

МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ  
УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ ПОВІТРЯНИХ СИЛ  
імені ІВАНА КОЖЕДУБА

Код 24980799  
"22" 05 2017р.

№ 950/176/51-7/111/не

61023, м. Харків, вул. Сумська, 77/79

Голові спеціалізованої вченої  
ради СРД 64.052.09 при  
Харківському національному  
університеті радіоелектроніки  
61166, м. Харків, пр. Науки, 14

### ВІДГУК

офіційного опонента - начальника кафедри авіаційних радіотехнічних систем навігації та посадки факультету автоматизованих систем управління та наземного забезпечення польотів авіації Харківського національного університету Повітряних Сил Міністерства оборони України, кандидата технічних наук, доцента МАКАРОВА Сергія Анатолійовича на дисертацію Кузьминича Іллі Володимировича за темою "Методи підвищення стійкості радіоприйому в мережах зв'язку підрозділів Національної гвардії України", подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.13 - радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій.

**Актуальність.** Дисертаційна робота Кузьминича І.В. присвячена вирішенню важливої для науки і практики наукової задачі, яка полягає в удосконаленні методу визначення зон стійкого радіозв'язку в умовах впливу навмисних завад з урахуванням діаграм спрямованості екранів та антен.

На протязі останніх десятиріч спостерігається стрімкий розвиток засобів радіотехнічної розвідки та радіоелектронної боротьби, тенденція щодо інтеграції систем розвідки, зв'язку, автоматизованого управління, радіоелектронної боротьби (РЕБ) на основі використання сучасних інформаційних технологій.

Штатні радіозасоби, які стоять на озброєнні Національної гвардії України (НГУ) або інших силових структур, не забезпечені будь-якими механізмами захисту від впливу засобів постановки навмисних завад. Не зважаючи на наявність великої кількості наукових рішень щодо протидії засобам радіопридушення, досі не вирішене питання радіоелектронного захисту в умовах обмеженого простору при близькому розташуванні протиборчих сторін, коли противник використовує малогабаритні мобільні засоби постановки навмисних завад малої потужності. Отже, постає завдання з удосконалення наукових засад та технічних засобів підвищення стійкості радіоприйому в мережах зв'язку військових підрозділів.



У дисертації висунуто наукову гіпотезу про можливість побудови стійкої до навмисних завад радіомережі шляхом створення енергетичної переваги корисного сигналу. Енергетичну перевагу пропонується отримати за рахунок використання нестандартних антенних пристроїв спрямованої дії та шляхом маніпулювання їх просторовими координатами з визначенням оптимальних кутів повороту антен.

Тому, завдання підвищення стійкості радіоприйому в мережах радіозв'язку вимагає науково-обґрунтованих підходів щодо впровадження просторово-енергетичних методів. На підставі вищенаведеного тему дисертації слід вважати актуальною, а розв'язувані в ній науково-технічні задачі представляють як теоретичний, так і практичний інтерес.

Дослідження та розробка матеріалів дисертаційної роботи пов'язані з реалізацією основних положень “Концепції технічного захисту інформації в Україні”, “Положення про технічне забезпечення зв'язку в Національній гвардії України” та “Інструкції з обладнання блокпоста та організації служби особовим складом Національної гвардії України” та виконувалось відповідно до плану наукової роботи Національної академії Національної гвардії України в межах науково-дослідних робіт (НДР): шифр “Поляна”, державний реєстраційний номер 0111U008896; шифр “Регіон”, державний реєстраційний номер 0113U003371, шифр “Поляна-1”, державний реєстраційний номер 0115U002860, де автор дисертації був відповідальним виконавцем зазначених НДР. Результати дисертації впроваджені в навчальний процес Національної академії Державної прикордонної служби ім. Б. Хмельницького (акт впровадження від 08.04.2015 р.), а саме при викладанні навчальних дисциплін “Зв'язок у прикордонних підрозділах” та “Зв'язок у Державній прикордонній службі”, і в навчальний процес Національної академії Національної гвардії України (акт впровадження від 08.06.2015 р.) при викладанні дисциплін “Організація зв'язку” і “Анени та поширення радіохвиль”.

**Наукова новизна.** При проведенні досліджень було вирішено комплекс пов'язаних між собою задач та отримано ряд наукових результатів, а саме:

1. Отримала подальший розвиток математична модель радіоканалу в умовах радіопридушення, яка на відміну від відомих використовує принцип суперпозиції при розрахунку коефіцієнту придушення радіозасобів від декількох джерел та дозволяє одночасно врахувати форму діаграми спрямованості екранів і антен при зміні просторових показників їх взаємного розташування та орієнтації;

2. Отримала подальший розвиток імітаційна модель радіоканалу в умовах радіопридушення, яка на відміну від відомих використовує кінцевий автомат Мура для опису процесу радіообміну в визначених точках простору та дозволяє врахувати коефіцієнт придушення при визначенні станів роботи радіоканалу;

3. Удосконалено метод визначення зони стійкого радіозв'язку в умовах радіопридушення, який відрізняється від відомих застосуванням хвильового алгоритму визначення ізолінії такої зони та імітаційної моделі радіоканалу, і

дозволяє використати у якості граничного – значення станів радіоканалу з оптимальною орієнтацією екранів та антен.

**Практична значимість отриманих результатів.** Наукові результати роботи забезпечують:

а) практичні рекомендації зі створення і використання екранів та спрямованих антен на основі протиударних алюмінієвих щитів дозволяють збільшити потужність сигналу в напрямку головної пелюстки більш ніж на 12 дБ та зменшити дію завад до 3 дБ, при цьому додаткові матеріальні витрати не потребуються. Отримано статистичні характеристики екрануючих та спрямованих властивостей запропонованих екранів та спрямованих антен, визначено емпіричні залежності оцінок значень форми діаграми спрямованості від зміни положень фокусу. Для забезпечення максимальних коефіцієнтів підсилення антени необхідно забезпечити виконання вимог до фокусної відстані  $\pm 1,5$  см та до бокового відхилення від центру фокусу до 3 см при використанні одного дзеркала (фокусна відстань складає 17 см);

б) спеціальне математичне та програмне забезпечення для розрахунку зони стійкого радіозв'язку UHF діапазону підрозділів НГУ в умовах радіопридушення. Отримано збільшення зони стійкого радіозв'язку із застосуванням запропонованих екранів та спрямованих антен на основі протиударних алюмінієвих щитів більше ніж у 2 рази. Розроблено практичні рекомендації щодо розрахунку зон стійкого радіообміну в реальному часі, а не тільки на етапі планування проведення операції;

в) результати експериментальних досліджень стану радіоканалу UHF діапазону в умовах радіопридушення, що дозволило отримати емпіричні оцінки, які повністю співпали з теоретичними розрахунками. Для випадку використання одного щита в якості дзеркала екрану та спрямованої антени середнє значення діаграми спрямованості співпадає з розрахунковими даними з точністю  $\epsilon = 0,2$  та довірчою ймовірністю  $P_a \approx 0,95$ ;

г) методику дослідження зміни форм і розмірів зон стійкого радіообміну та імітаційну модель радіоканалу UHF діапазону в умовах радіо придушення, які практично реалізовані та використовуються в радіомережах НГУ.

Практична значимість отриманих результатів роботи підтверджується актами впровадження результатів дисертаційної роботи в діяльності управління спеціальних операцій Головного управління НГУ при проведенні антитерористичної операції (АТО) у Луганській та Донецькій областях (акт впровадження від 15.04.2015 р.).

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації** забезпечуються вибором методів дослідження і підтверджена результатами розрахунків та практичного застосування запропонованого методу в ході експериментальних та натурних випробувань програмного виробу. У процесі дослідження дисертантом успішно застосовувались: методи експериментального вимірювання параметрів спрямованих антенних пристроїв; методи системного аналізу, дискретної

математики, які використані для удосконалення методу розрахунку коефіцієнтів спрямованості антенних пристроїв та моделювання стану каналу радіозв'язку; методи теорії ймовірності. Необхідність впровадження засобів та методів підвищення стійкості радіоприйому в мережах зв'язку підрозділів Національної гвардії України є достатньо обґрунтована.

На підставі всебічного аналізу необхідних процедур, що реалізують методи захисту від навмисних завад, зокрема, оцінки можливостей засобів радіозв'язку, які стоять на озброєнні силових структур України, існуючих технічних засобів та методик захисту від навмисних завад, засобів постановників навмисних завад, вибору конфігурації та алгоритмів управління направленими антенами, що забезпечують динамічну зміну просторових та енергетичних параметрів відповідно до зміни завадової обстановки, з врахуванням і оцінкою кількості станцій постановників завад, які працюють одночасно, визначенням напрямків встановлення стійкого радіообміну, врахуванням індивідуальних характеристик діаграм спрямованості антен обґрунтовано висновок про досягнення енергетичної переваги корисного сигналу над завадою при використанні екранів на основі протиударних алюмінієвих щитів та спрямованих антен.

На основі аналізу методів створення скритої системи радіозв'язку встановлено, що енергетичну перевагу пропонується отримати за рахунок використання нестандартних антенних пристроїв спрямованої дії та шляхом маніпулювання їх просторовими координатами з визначенням оптимальних кутів повороту антен у результаті чого планується оптимізувати визначену зону стійкого радіообміну. Автором запропоновано більш повну, у порівнянні з відомими, математичну модель при веденні радіообміну з врахуванням дії декількох джерел завад, а також доведено, що форма зони стійкого радіоприйому на пряму залежить від форми діаграми спрямованості антен.

Для вирішення завдання визначення зон стійкого радіообміну було запропоновано імітаційну модель радіоканалу в умовах радіопридушення. Використання автором теорії кінцевих автоматів Мура дозволило формалізувати процес визначення стану роботи радіоканалу в усіх точках простору системи зв'язку, а у поєднанні з принципами хвильового алгоритму, надало змогу розробити швидкісний метод побудови зазначених зон.

На основі аналізу методів побудови направлених антен обґрунтовано застосування алюмінієвого щита у якості дзеркала спрямованої антени типу циліндричного параболоїду. Проведений натурний експеримент дозволив зробити висновок про можливість використання запропонованого антенного пристрою для підвищення стійкості радіоприйому підрозділів Національної гвардії України.

Усе це дозволяє вважати наукові положення, висновки і рекомендації дисертаційної роботи достатньо обґрунтованими.

**Достовірність** отриманих результатів підтверджується коректним використанням відомих і перевірених методів: електродинаміки, аналізу та

синтезу антен, оптимізації, математичної статистики; а також теорій: систем, ймовірності, випадкових процесів і моделей керованих та конкурсованих видів множинного абонентського доступу; методів математичного моделювання й наявністю результатів експериментального дослідження спрямованих властивостей додаткового засобу захисту від навмисних завад на основі протиударного алюмінієвого щита та засобів зв'язку Kenwood і натурних досліджень моделі радіоканалу UHF діапазону для підтвердження отриманих теоретичних результатів про ефективність впровадження методу визначення зони стійкого радіозв'язку в умовах радіопридушення.

**Апробація та оформлення роботи.** Проведений аналіз наукових праць здобувача показав, що основні результати дисертаційної роботи опубліковані в 29 роботах, у тому числі 10 статтях у виданнях, які входять до відповідного переліку. Аналіз змісту статей і тез доповідей дозволяє зробити висновок про те, що всі публікації мають безпосереднє відношення до теми і змісту дисертаційної роботи і що вони в сукупності розкривають основні наукові результати, що захищаються автором. Апробація теоретичних результатів достатня та представлена виступами на 18 міжнародних та вітчизняних науково-технічних конференціях та семінарах.

Дисертація оформлена відповідно до вимог, які пред'являються до кандидатських дисертацій згідно "Порядку присудження наукових ступенів". Назва дисертації відповідає її змісту та відображає суть розглянутих та вирішених наукових задач. Дисертант логічно та аргументовано викладає зміст роботи, що дозволяє скласти однозначне враження про основні результати досліджень. Автореферат досить повно та правильно розкриває зміст і результати дисертації.

**Недоліки роботи.** До недоліків роботи слід віднести:

- у першому розділі йде посилання на засоби радіоелектронної боротьби та засоби радіопридушення, але немає їх переліку та тактико-технічних характеристик;
- методи захисту від навмисних завад у підрозділах Національної гвардії України наведено стисло, але не відображено, який саме науково-методичний апарат застосований при цьому;
- у другому розділі методика експериментального дослідження характеристик додаткового засобу захисту від навмисних завад розглянута занадто детально і частково співпадає зі змістом четвертого розділу;
- у роботі відсутнє пояснення, чому вибрана саме програма HFSS Ansoft для електродинамічного моделювання НВЧ-структур при моделюванні додаткового засобу захисту від навмисних завад;
- у третьому розділі, при розробці імітаційної моделі роботи каналу радіозв'язку в умовах радіоподавлення, відсутні посилання на відомі в цій галузі роботи такі, наприклад, як Акамура-Хата та інші;
- у підрозділі 4.2.2 надані рекомендації зі створення та використання додаткового засобу захисту від навмисних завад, але лише для щитів НГУ. Не

має пояснення про можливість створення інших додаткових засобів захисту від навмисних завад та порядку їх використання.

Приведені недоліки не зменшують науково-теоретичної та практичної цінності роботи.

**Висновки та загальна оцінка роботи.** У цілому дисертаційна робота Кузьминича І.В. є закінченою науковою роботою, у якій отримані нові науково-обґрунтовані теоретичні і практичні результати щодо розробки комплексу технологічних рішень впровадження методів підвищення стійкості радіоприйому в мережах зв'язку підрозділів Національної гвардії України, що відповідає спеціальності 05.12.13 - радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій.

За змістом, обсягом, апробаціями, публікаціями і іншими показниками дисертація відповідає вимогам "Порядку присудження наукових ступенів", які пред'являються до кандидатських дисертацій.

Автор роботи, Кузьминич І.В., заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.13 - радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій.

Офіційний опонент

Начальник кафедри авіаційних радіотехнічних систем навігації та посадки факультету автоматизованих систем управління та наземного забезпечення польотів авіації Харківського національного університету Повітряних Сил Міністерства оборони України,  
кандидат технічних наук, доцент



С.А. МАКАРОВ

22.05. 2017

Підпис Макарова С.А. засвідчую:

Заступник начальника університету  
з наукової роботи  
(посада)



(підпис)

Г.В.ПЄВЦОВ  
(прізвище, ініціали)