

Секція 5. Електроніка, радіотехніка та телекомунікації

Назва пріоритетного напрямку розвитку науки і техніки:

2. Інформаційні та комунікаційні технології

Назва напрямку секції:

3. Науково-технічні проблеми телекомунікацій.

Назва піднаправку секції:

3.1. Теоретичні основи передавання і обробки інформації

АНОТОВАНИЙ ЗВІТ

за науково-дослідною роботою за 2020 рік

(Характер НДР: **ПРИКЛАДНЕ** дослідження/розробка)

1. Тема НДР: Системи зв'язку безпілотних апаратів з підвищеною стійкістю до впливу навмисних та ненавмисних завад (№ 2308-П)

2. Керівник НДР: Ільченко Михайло Юхимович

3. Номер державної реєстрації НДР: 0120U102120

4. Назва вищого навчального закладу, наукової установи: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Науково-дослідний інститут телекомунікацій.

5. Терміни виконання НДР: початок – 01.01.2020, закінчення – 31.12.2022

6. Обсяг коштів, виділених на виконання НДР у 2020 р. (на весь період / фактичний за 2019 рік) 760,0 / 760,0 тис. грн.

7. Опис процесу наукового дослідження (40 - 50 рядків тексту):

- вказати використані методи наукових досліджень, методики, обладнання;

В дослідженнях застосована структуризація системи зв'язку безпілотного апарату, як засіб пізнання ступеня складності будь-якого об'єкта, чи процесу в ній на всіх рівнях (програмне забезпечення різних рівнів, управління трансиверами, підтримка протоколів та ін.). Система зв'язку БПЛА розглядається як структурно-функціональна цілісність, в якій кожний елемент (апаратна підсистема, програмні компоненти FPGA, ARM, операційної системи, прикладний), має певне функціональне призначення, яке має узгоджуватися із загальними цілями системи.

На даному етапі виконання роботи проводились теоретичні дослідження, імітаційне моделювання з використанням програмного середовища Simulink/Matlab, розроблялось програмне забезпечення на основі розроблених методик та алгоритмів.

- зазначити, які з описаних в запиті ідей та гіпотез, реалізовані при виконанні НДР.

При виконанні етапів роботи в 2020 р. Були реалізовані наступні ідеї,гіпотези та вирішені наступні завдання:

- досліджено особливості побудови сучасних систем зв'язку безпілотних апаратів;

- досліджено та визначено оптимальних форм сигналу (waveform в термінології IEEE P1900.1 Working Group) для застосування в системах зв'язку безпілотних апаратів (модуляція, завадостійке кодування, частотні діапазони, смуги робочих частот, структура кадру та ін.);

- досліджено види навмисних завад безпілотним апаратам, які можуть впливати на стійкість каналів зв'язку та живучість БПЛА, а також методів зменшення їх впливу на характеристики системи зв'язку та каналів управління;

- досліджено методи виявлення навмисних завад, та розроблено алгоритми роботи детекторів цих завад.

8. Результати етапу (відповідно до технічного завдання) відобразити у таблиці:

Номер етапу	Назва етапу згідно з технічним завданням.	Заплановані результати етапу	Отримані результати етапу
1 (2020р)	Розробка, оформлення, узгодження ТЗ на роботу. Дослідження особливостей побудови сучасних систем зв'язку безпілотних апаратів. Дослідження та визначення оптимальних форм сигналу для застосування в системах зв'язку безпілотних апаратів (модуляція, завадостійке кодування, частотні діапазони, смуги робочих частот, структура кадру). Дослідження видів навмисних завад та методів зменшення їх впливу на характеристики каналу зв'язку. Дослідження методів виявлення навмисних завад, розробка алгоритмів роботи детекторів завад.	Технічне завдання на роботу. Аналітичний огляд особливостей побудови сучасних систем зв'язку безпілотних апаратів. Опис визначених оптимальних форм сигналу (waveform в термінології IEEE P1900.1 Working Group) для застосування в системах зв'язку безпілотних апаратів різного призначення. Аналітичний опис видів навмисних завад каналам зв'язку. Методи зменшення впливу навмисних завад на характеристики каналу зв'язку. Аналітичний опис методів виявлення навмисних завад. Алгоритми роботи детекторів виявлення навмисних завад.	Розроблено та узгоджено ТЗ на роботу. Аналітичний огляд особливостей побудови сучасних систем зв'язку безпілотних апаратів. Оптимальні форми сигналу для застосування в системах зв'язку безпілотних апаратів: модуляція, кодування, діапазони частот, смуги частот, структура кадрів. Опис видів навмисних завад, що можуть впливати на канали зв'язку БПЛА. Визначено та описано основні методи зменшення впливу навмисних завад на характеристики каналу зв'язку та на живучість БПЛА. Опис методів виявлення навмисних завад на основі: спектрального аналізу діапазону частот, заснованих на дослідженні завадостійкості каналу, заснованих на дослідженні форми сигналу. Алгоритми роботи детекторів завад

9. Наукова новизна та значимість отриманих наукових результатів (до 30 рядків тексту).

При розробці структури системи зв'язку безпілотного апарату було застосовано комплексний підхід, який відповідає стратегії реалізації такої системи як автономної з підвищеним ступенем живучості до впливу різних видів навмисних та ненавмисних завад, що склало наукову новизну даного результату. Дослідження особливостей побудови сучасних систем зв'язку безпілотних апаратів та оптимальних форми сигналу для застосування в системах зв'язку безпілотних апаратів (модуляція, кодування, діапазони частот, смуги частот, структура кадрів) були спрямовані на досягнення основної мети роботи.

Розроблена в процесі виконання роботи класифікація (таксономія) видів навмисних завад, що можуть впливати на канали зв'язку БПЛА, дозволила розділити такі завади за рівнем їх впливу на живучість БПЛА, визначити місця вразливості та методи протидії цим вразливостям.

Розроблені методи та алгоритми виявлення навмисних завад дозволять в подальшому підвищити живучість БПЛА різноманітного призначення, що є особливо актуальним як для цілого класу безпілотних апаратів цивільного призначення, що можуть нести істотну небезпеку життю людей у випадку застосування до них потужних засобів постановки

навмисних завад, так і для безпілотних апаратів спеціального призначення, до яких вже застосовуються найсучасніші засоби радіоелектронної боротьби.

10. Відмінні риси і перевага отриманих результатів (продукції) над вітчизняними або зарубіжними аналогами чи прототипами (навести порівняння характеристик, ознак, властивостей, показників) (до 40 рядків тексту)

Дослідження впливу навмисних завад на характеристики системи зв'язку цивільних БПЛА на даний час проводяться в усьому світі. При цьому результати досліджень в основному спрямовані на визначення того, як впливають завади на БПЛА, а не на визначення методів виявлення цих завад та методів зменшення її впливу. Тому ця частина майже не описана іншими науковцями в наукових публікаціях. В переважній більшості робіт описані критичні загрози і вразливості безпілотних апаратів та викладено проблеми і напрямки досліджень, яким необхідно слідувати для забезпечення безпеки БПЛА. При цьому існують і описи методів протидії безпілотним апаратам шляхом створення в тому числі і різних видів навмисних завад.

Основною відмінною рисою і перевагою отриманих результатів роботи є те, що вперше на системному рівні вирішується задача забезпечення живучості БПЛА та безпеки його використання в цивільних цілях. На даний час вітчизняних аналогів БПЛА, в яких використовуються рішення, що пропонуються в роботі, не існує. Порівняння з зарубіжними аналогами, що використовуються в БПЛА військового призначення, неможливе внаслідок відсутності відповідних публікацій у відкритому доступі.

11. Практична цінність результатів та продукції (галузі економіки та суспільства, де можливе їх використання, конкурентоспроможність та інвестиційна привабливість, ступінь впровадження, обсяг впровадження (грн.), споживачі продукції; обсяг коштів, необхідних для промислового впровадження результатів) (до 60 рядків тексту)

Технологія створення систем зв'язку безпілотних апаратів, яка розробляється в процесі виконання роботи згідно Розпорядження Кабінету Міністрів України від 30 серпня 2017 р. № 600-р відноситься до "Переліку критичних технологій у сфері виробництва озброєння та військової техніки" під загальною назвою "Технології створення заводозахисних та шифрованих каналів управління та передачі даних безпілотних авіаційних комплексів" Потенційними замовниками результатів проекту є підприємства концерну "Укроборонпром" зокрема ВАТ "Меридіан" ім. С.П.Корольова, а також інші підприємства, які розробляють безпілотні літальні апарати.

Системи зв'язку безпілотних апаратів, науково-технічні засади створення яких розробляються в роботі, дозволять з однієї сторони істотно підвищити обороноздатність України, а з іншої сторони зменшити ризики використання безпілотних апаратів цивільного призначення, що має як пряму, так і опосередковану економічну ефективність.

Отримані результати на даному етапі мають практичну цінність і конкурентоспроможні, однак їх цінність істотно зросте при використанні їх у подальших дослідженнях, які заплановані при виконанні наступних етапів роботи.

12. Використання результатів роботи у навчальному процесі за 2020 р. (НОВІ (ОНОВЛЕНІ) курси лекцій або їх розділи, практичні та лабораторні роботи, які створено (розроблено) на основі результатів НДР – до 20 рядків) (перелік з повними назвами)

Результати НДР впроваджено у навчальний процес в Інституті телекомунікаційних систем НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського" при підготовці бакалаврів спеціальності 172

“Телекомунікації та радіотехніка”, освітньої програми “Телекомунікації” спеціалізацій “Апаратно-програмні засоби електронних комунікацій” та “Мобільні телекомунікації”
 – розроблено новий лекційний курс (18 лекцій) з дисципліни “Технології створення програмно-орієнтованих інфокомунікаційних пристроїв” та цикл лабораторних робіт (4 роботи) до нього.

13. Результативність виконання ЕТАПУ науково-дослідної роботи

	Показники	<u>Заплановано</u> (відповідно до ЗАПИТУ)	<u>Виконано</u> (за резуль- татами НДР)	<u>%</u> <u>вико-</u> <u>нання</u>
		кількість	кількість	%
1.	Публікації виконавців за тематикою НДР:			
	1.1. Статті у журналах, що входять до наукометричних баз даних.	1	4	400
	1.2. Публікації в матеріалах конференцій, що входять до наукометричних баз даних.	-	-	-
	1.3. Статті у журналах, що включені до переліку наукових фахових видань України.	2	3	150
	1.4. Публікації у матеріалах конференцій, тезах доповідей та виданнях, що не включені до переліку наукових фахових видань України.	5	5	100
	1.5. Монографії, опубліковані за рішенням Вченої ради ВНЗ (наукової установи).	1	1	100
	1.6. Підручники, навчальні посібники з грифом МОН України.	-	-	-
	1.7. Навчальні посібники без грифу МОН України.	-	-	-
1.8. Словники, довідники.	-	-	-	
2.	Підготовка наукових кадрів:			
	2.1. Захищено докторських дисертацій за тематикою НДР.	-	-	-
	2.2. Подано до розгляду спеціалізовану вчену раду докторських дисертацій за тематикою НДР.	-	-	-
	2.3. Захищено кандидатських дисертацій за тематикою НДР.	1	-	0
	2.4. Подано до розгляду у спеціалізовану вчену раду кандидатських дисертацій за тематикою НДР.	-	-	-
2.5. Захищено магістерських робіт за тематикою НДР.	1	1	100	
3.	Охоронні документи на об’єкти права інтелектуальної власності створені за тематикою НДР:			
	3.1. Отримано патентів (свідоцтв авторського права) України.	-	-	-
	3.2. Подано заявок на отримання патенту України.	1	1	100

	3.3. Отримано патентів (свідоцтв авторського права) інших держав.	-	-	-
	3.4. Подано заявок на отримання патенту інших держав.	-	-	-
4.	Участь з ОПЛАТОЮ у виконанні НДР:			
	4.1. Студентів.	3	-	0
	4.2. Молодих учених / аспірантів.	-/-	-/-	-/-

14. БІБЛІОГРАФІЧНИЙ ПЕРЕЛІК монографій, підручників, посібників, словників, довідників, наукових статей, інших публікацій; ПЕРЕЛІК подані заявки та отримані патенти; ПЕРЕЛІК теми захищених та поданих до розгляду у спеціалізовану вчену раду дисертацій (за матеріалами досліджень за період виконання НДР). *Тільки у такій послідовності*

Монографія:

Ilchenko M., Uryvsky L., Globa L. (eds) Advances in Information and Communication Technology and Systems. MCT 2019. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 152. p.436 Springer, Cham. DOI <https://doi.org/10.1007/978-3-030-58359-0> Print ISBN 978-3-030-58358-3

Статті в виданнях, що входять до наукоматричної бази Scopus:

- Kaidenko M., Kravchuk S. (2021) Autonomous Unmanned Aerial Vehicles Communications on the Base of Software-Defined Radio. In: Ilchenko M., Uryvsky L., Globa L. (eds) Advances in Information and Communication Technology and Systems. MCT 2019. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 152. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58359-0_16

- Zakharov A., Ilchenko M., Rozenko S., Pinchuk L. (2021) Planar Bandpass Filters with Mixed Couplings. In: Ilchenko M., Uryvsky L., Globa L. (eds) Advances in Information and Communication Technology and Systems. MCT 2019. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 152. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58359-0_21

- Afanasieva L., Kravchuk S. (2021) Wireless Systems with New Cooperative Relaying Algorithm. In: Ilchenko M., Uryvsky L., Globa L. (eds) Advances in Information and Communication Technology and Systems. MCT 2019. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 152. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58359-0_15

- Ilchenko M., Uryvsky L., Osypchuk S. (2021) The Main Directions of Improving Information and Communication Technologies in the Global Trends. In: Ilchenko M., Uryvsky L., Globa L. (eds) Advances in Information and Communication Technology and Systems. MCT 2019. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 152. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58359-0_1

Статті у журналах, що включені до переліку наукових фахових видань України:

- Mykhailo. Yu. Ilchenko, Serhii O. Kravchuk “MOBILE INFOCOMMUNICATION SYSTEMS”, Information and Telecommunication Sciences, No.1, pp. 11-19, 2020. <https://doi.org/10.20535/2411-2976.12020.11-19>

- Serhii O. Kravchuk, Mykola M. Kaidenko, Liana O. Afanasieva, Irina M. Kravchuk “TESTING OF THE DRONE SWARMS AS A COMMUNICATION RELAY SYSTEM” Information and Telecommunication Sciences, No.1, pp. 92-101, 2020. <https://doi.org/10.20535/2411-2976.12020.92-101>

- А.В. Захаров, С.А. Розенко, С.Н. Литвинцев, Л.С. Пинчук “Микрополосковые полосно-пропускающие фильтры с повышенной избирательностью и асимметричными частотными характеристиками». Том 63, № 7, с. 421-436. DOI: <https://doi.org/10/20535/S0021347020070031>.

Публікації в матеріалах конференцій:

- Кравчук С.О., Кайденко М.М., Афанасьєва Л.О., Кравчук І.М. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВІДПРАЦЮВАННЯ РЕТРАНСЛЯЦІЙНИХ ВУЗЛІВ СУЗІР'Я ДРОНІВ // XIV Міжнародна науково-технічна конференція "Перспективи телекомунікацій" ПТ-2020: Збірник матеріалів конференції. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – с.175-177.

- Кравчук І.М. РЕГУЛЮВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ОБ'ЄКТІВ // XIV Міжнародна науково-технічна конференція "Перспективи телекомунікацій" ПТ-2020: Збірник матеріалів конференції. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – с.155-157.

- Pchenko M., Zhivkov A., Akopian P., Galickiy I., Sobko T. ATTENUATION POLES IN BAND-PASS FILTERS WITH EVEN END ODD MODES // XIV Міжнародна науково-технічна конференція "Перспективи телекомунікацій" ПТ-2020: Збірник матеріалів конференції. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – с.266-268.

- A. Zhivkov, R. Kamarali, M. Koraniev, O. Krylach, I. Saychenko ANOMALOUS DISPERSION AND GROUP DELAY OF METAMATERIAL CELLS // XIV Міжнародна науково-технічна конференція "Перспективи телекомунікацій" ПТ-2020: Збірник матеріалів конференції. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – с.269-271.

- Міночкін Д.А., Рибак О.О. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ LoRaWAN // XIV Міжнародна науково-технічна конференція "Перспективи телекомунікацій" ПТ-2020: Збірник матеріалів конференції. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – с.315-317.

Подані заявки на отримання патенту України:

- Заявка на корисну модель «Смуго-пропускаючий гребінчастий фільтр». Заявка номер u2020 03456. Захаров О.В., Розенко С.О., Литвинцев С.М., Пинчук Л.С.

15. Використання результатів НДР в промисловості (інших галузях) (до 30 рядків):

- проведено промислові випробування;
- виготовлено експериментальний зразок;
- впроваджено результати (укладено госпдоговорів / продано ліцензій – вказати номер договору, обсяг договору, замовника, терміни виконання / номер ліцензії, сума ліцензії, покупець, дата).

- Договір на надання експертних послуг № 1/1/516 від “21” січня 2020 року . ««Експертний висновок щодо закупівлі ДЕРЖАВНИМ ПІДПРИЄМСТВОМ «НАЦІОНАЛЬНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ» за Кодом ДК 021:2015: 64210000-1: «Послуги IP-телефонії та голосового IP-трафіку головного офісу» у оператора телекомунікацій – ТОВ «УКРКОМ»; обсяг договору: 3 тис. грн.; Замовник: Товариство з обмеженою відповідальністю «УКРКОМ», термін виконання: січень 2020 р.

- Договір на надання експертних послуг № 1/2/516 від “13” лютого 2020 року . «Експертний висновок щодо закупівлі Центром оперативного зв'язку телекомунікаційних систем та інформаційних технологій ДСНС України “Послуг телефонного зв'язку та передачі даних” (Код ДК 021:2015 64210000-1: Послуги телефонного зв'язку та передачі даних) у оператора телекомунікацій – ТОВ «УКРКОМ»; обсяг договору: 3 тис. грн.; Замовник: Товариство з обмеженою відповідальністю «УКРКОМ», термін виконання: лютий 2020 р.

16. Кількість штатних співробітників 5, кількість сумісників 3, з них: молодих учених (до 35 років: штат./сум.) -/-, кількість аспірантів з оплатою / без оплати -/-, кількість студентів з оплатою / без оплати -/2, які брали участь у виконанні НДР

17. Рішення вченої (наукової, науково-технічної, технічної) ради від "___" _____ 2019 року, протокол № ___ : робота виконана в повному обсязі відповідно ТЗ.

**Керівник роботи
/Відповідальний виконавець:**

**Гол. НТР
НДІ телекомунікацій:**

підпис

підпис М.Ю. Ільченко

МП